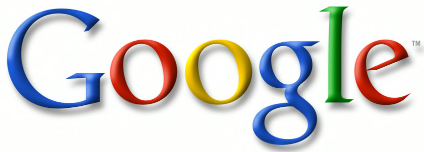


L. DE LAUNAY

LES RICHESSES MINÉRALES DE L'AFRIQUE

PARIS & LIÈGE

CH. BÉRANGER Editeur

LES

RICHESSES MINÉRALES

DE

L'AFRIQUE

LES

RICHESSES MINÉRALES

DE

L'AFRIQUE

**L'OR, LES MÉTAUX, LE DIAMANT,
LES PHOSPHATES, LE SEL,
LES COMBUSTIBLES, LES SOURCES THERMALES, ETC.**

ALGÉRIE ET TUNISIE — ÉGYPTE — ABYSSINIE
SOUDAN — CÔTE D'OR
TRANSVAAL — RHODÉSIA — AFRIQUE CENTRALE
MADAGASCAR, ETC.

PAR

L. DE LAUNAY
Ingénieur en Chef des Mines,
Professeur à l'École supérieure des Mines.

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE Ch. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1903

LES RICHESSES MINÉRALES
DE
L'AFRIQUE

INTRODUCTION

Intérêt pratique et scientifique d'une étude sur les gîtes métallifères africains. — Difficultés du sujet. — Méthode adoptée.

Notions générales sur la géologie de l'Afrique : 1° le Massif Ancien ; 2° la Chaîne Tertiaire Méditerranéenne.

Cet ouvrage a un double but.

Pratiquement, je voudrais résumer, grouper, et, autant que possible, mettre au point ce que l'on sait aujourd'hui sur les ressources minérales de ce vaste continent, hier si ignoré, demain ouvert de tous côtés à la civilisation. Une partie notable de l'Afrique est française ; faire connaître, autrement que dans des publications très disséminées ou des rapports manuscrits, les richesses minières de l'Algérie, de la Tunisie, du Soudan, de la Guinée, de Madagascar, ne peut manquer d'être utile à un grand nombre d'explorateurs et de colons. D'autres régions africaines, comme le Transvaal, la Colonie du Cap, la Côte d'Or et la Côte d'Ivoire (ce que les financiers appellent l'Ouest-africain), ou même l'Abyssinie et l'Égypte, attirent vivement l'attention par leurs richesses, les unes réelles, les autres surfaites ; un jugement impartial aura du moins l'avantage d'attirer l'attention de quelques-uns sur ce que présentent encore de spéculatif et d'hypothétique certains brillants mirages aurifères. Enfin, d'autres zones, comme le Maroc ou l'Afrique Centrale, dans lesquelles les Européens ont à peine pénétré, renferment peut-être des minerais intéressants ; une énumération, si vague qu'elle puisse être, des observations qu'on y a faites, est un jalon jeté pour l'avenir.

Théoriquement, j'ai considéré que l'étude détaillée d'une vaste région, bien définie et bien déterminée comme l'Afrique, pouvait me permettre de préciser pour moi-même et d'exposer avec plus de sécurité cer-

taines idées générales, en partie nouvelles et dès lors discutables, sur les gîtes métallifères[1].

En premier lieu, je m'attacherai à montrer comment s'appliquent à ce cas particulier les théories, qui concernent la distribution géographique des minerais sur la surface de la terre, ou la constitution de ce que j'ai appelé les types régionaux de gîtes métallifères; comment ce type régional, en rapport direct avec les autres grands phénomènes géologiques, tels que l'âge et la direction des chaînes de plissement, l'âge et l'allure des manifestations éruptives, résulte, en définitive, pour une grande part, de la profondeur atteinte par les érosions dans le démantelage incessamment poursuivi de la superficie. Je me trouverai ainsi apporter une contribution à cette question si capitale de la variation primitive des gisements filoniens en profondeur et deux mots d'explication vont le faire comprendre.

C'est un fait d'observation courante, et dont il serait superflu d'expliquer la portée scientifique ou pratique, que les différences considérables observées dans la minéralisation d'un filon lorsqu'on s'y enfonce. Ces variations sont de deux ordres tout à fait divers, se rattachent à deux phénomènes complètement indépendants et c'est, je crois, faute de distinguer suffisamment ceux-ci de ceux-là que les praticiens sont toujours arrivés à des résultats confus et contradictoires lorsqu'ils ont attaqué cette question. J'ai essayé, au contraire, à plusieurs reprises, de montrer, en y insistant, comment il avait dû : 1°, se produire, au moment même de la cristallisation des matières filoniennes, des différences dans l'allure mécanique et dans la nature minéralogique des remplissages, suivant la profondeur plus ou moins grande à laquelle on se trouvait et, 2°, s'effectuer, très postérieurement, des remises en mouvement, des réactions métamorphiques, des oxydations, etc., au voisinage de la superficie actuelle, — superficie absolument différente, ne l'oublions pas, dans la presque totalité des cas, de celle qui existait au moment où les filons ont été d'abord incrustés —. En ce qui concerne ces remises en mouvement, dont nous aurons aussi à nous occuper dans ce volume, je me contente de renvoyer, pour les lois générales, à un mémoire antérieur, où j'ai longuement traité le sujet[2]; mais, une fois les observations débarrassées de toute la confusion qu'y introduisait ce métamorphisme, le problème primitif

[1] Quelques-unes de ces idées ont été indiquées dans des publications antérieures : *Sur les variations des filons métallifères en profondeur* (Rev. gén. des Sciences, 5 mai 1900). — *Sur les types régionaux des gîtes métallifères* (C. R. de l'Ac. des Sciences. 11 mars 1900). — *Sur la notion de profondeur appliquée aux gîtes métallifères africains* (C. R. 23 juin 1902. — *La Répartition et les caractères de la Richesse Minérale en Afrique* (Rev. gén. des Sciences, 1902).

[2] *Contribution à l'étude des gîtes métallifères* (Ann. des Mines, août 1897). Ce qu'il est essentiel d'en retenir pour notre cas particulier sera indiqué au Ch. x).

n'est toujours pas résolu scientifiquement (quoique, pratiquement, on ait fait un très grand pas) et il reste encore à se demander comment la minéralisation primordiale des fractures filoniennes s'est trouvée influencée, dès le début, par les modifications dans la température, la pression, la proximité des magmas éruptifs, etc., que ne pouvait manquer d'y introduire la profondeur plus ou moins grande, où ces cristallisations de minéraux avaient lieu.

Or, si l'on se contente d'observer directement un certain nombre de filons d'une région restreinte, sur les quelques dizaines ou centaines de mètres que mettent à nu des exploitations de mines, il est bien difficile de résumer en une loi générale des faits relativement peu nombreux, parfois délicats à débrouiller et où interviennent une multitude d'influences accidentelles ; on en est même encore à se demander si 3 ou 400 mètres de hauteur, dans un grand filon homogène et régulier, sont suffisants pour que de semblables variations originelles puissent se manifester sous une forme appréciable en pratique. C'est, au contraire, sur des hauteurs beaucoup plus considérables, atteignant, dépassant parfois 1 500, 2 000, 3 000 mètres[1], que l'on se trouve opérer indirectement en adoptant la méthode que j'ai proposée et qui consiste à comparer l'une à l'autre deux régions métallifères, dans lesquelles on est en droit de supposer que l'érosion a enlevé des épaisseurs de terrain tout à fait inégales, très faibles dans un cas, probablement énormes dans l'autre. « Toutes choses égales d'ailleurs », comme disent les mathématiciens, — c'est-à-dire en n'oubliant pas que cette influence de la profondeur est évidemment loin d'être la seule et qu'il a dû se produire, notamment, dans les minéralisations de gîtes, une action analogue à celle qui groupe les divers magmas éruptifs de chaque région en une même famille chimique bien caractéristique —, avec cette restriction donc, le type d'une région profondément abrasée, très anciennement constituée, et, depuis lors, longuement soumise aux érosions, a des chances pour pouvoir être considéré comme un type de profondeur par rapport au type d'une région récemment plissée, où toutes les saillies de la chaîne montagneuse subsistent avec leurs imprégnations métallifères, sans avoir encore eu le temps d'être nivelées par les érosions.

Une autre influence corrélative doit venir s'ajouter à la première pour différencier aussitôt les gisements primaires des gisements tertiaires.

[1] Il serait très utile, pour bien des études géologiques, de posséder quelques notions générales un peu précises sur l'importance de cette érosion (au moins sur son minimum probable) dans diverses régions. J'essaierai un jour de grouper des renseignements à ce sujet. Notons seulement, à titre d'exemple, qu'à Aspen, au Colorado, dans une chaîne tertiaire, M. Spurr a pu constater une érosion de 5 000 mètres.

Les premiers sont, en effet, nécessairement intercalés, par suite de leur âge même, dans ces terrains cristallins ou métamorphiques, qui constituent essentiellement les massifs anciens, dans des roches dures inattaquables, ou dans des schistes et, rarement, dans des calcaires, — qui, l'expérience le prouve, sont bien moins abondamment représentés dans les massifs primordiaux que dans les terrains récents, peut-être en partie parce qu'ils y ont été transformés ou détruits. — Les seconds gisements, au contraire, ont des chances pour se trouver au milieu de ces terrains calcaires, marneux, argileux, gréseux, qui dominent dans nos étages secondaires ; il est évident que leur allure, tant lors des phénomènes de dépôt primitif que lors des modifications superficielles, a dû en être influencée. Un gîte intercalé dans un schiste siliceux primaire ne peut être semblable à un gîte compris dans un banc de calcaire crayeux, ou entre un calcaire et une argile crétacés.

Pour apprécier ces deux influences, qui tiennent également à l'âge plus ou moins ancien de la chaîne métallifère envisagée, l'exemple de l'Afrique m'a paru très particulièrement propice et c'est pourquoi j'ai commencé par lui ce genre d'études régionales ; l'Afrique, en effet, se divise, on ne peut plus nettement, en deux parties principales : d'un côté, un immense continent très ancien, un vaste plateau, dont les derniers plissements remontent à l'époque carbonifère, dont la majeure partie des accidents tectoniques sont même, sans doute, plus anciens ; de l'autre, une chaîne côtière méditerranéenne d'âge tertiaire, encore très irrégulièrement ravinée et peu nivelée[1]. En comparant les gîtes métallifères du Congo, de l'Afrique Centrale, de la Rhodésia, du Transvaal, etc., avec ceux de l'Algérie et de la Tunisie, nous ne pouvons manquer d'apprendre quelque chose sur la question qui nous intéresse.

En même temps, je m'efforcerai de rassembler des faits et de jeter des jalons pour une autre étude générale, qui demande, elle aussi, de nombreuses et minutieuses observations : je veux parler des associations qui existent, entre les métaux, dans leurs gisements. Ces associations ne sont certainement pas l'effet du hasard ; elles obéissent, au contraire, à des lois chimiques et physiques, dont on n'aura la clef que lorsque les faits eux-mêmes seront bien établis et connus ; elles-mêmes, alors, nous éclaireront, sans doute, à leur tour, sur la genèse des gîtes métallifères, peut-être même sur les problèmes séduisants de la métallurgie interne : métallurgie, par laquelle ont dû se constituer, grouper ou séparer, en obéissant à des forces incomparablement supérieures à celles dont nous disposons, ces formes provisoires de la matière, que

[1] Je reviendrai tout à l'heure sur les fractures et dénivellations longitudinales, qui ont affecté certaines régions africaines à des époques récentes et que je laisse ici de côté : fractures tout spécialement étudiées dans divers chapitres de l'ouvrage de Suess, sur *la Face de la Terre*.

nous appelons les éléments chimiques, les corps simples, les métalloïdes ou les métaux.

En commençant ce travail d'ensemble, je ne me dissimule pas que, de toutes façons, j'aborde un sujet périlleux. Parler de régions encore aussi mal explorées que l'Afrique expose à commettre nombre d'erreurs grossières ; et la rapidité, avec laquelle se développent et se précisent nos connaissances sur cette grande terre, si commodément représentée par des taches blanches, ou des noms conventionnels, dans les cartes de nos pères, fait que, ces erreurs, on n'a même pas la chance d'en remettre la constatation à une génération future très éloignée ; c'est demain peut-être que cette lacune de nos informations sera comblée, que cette hypothèse hasardeuse ou insuffisante sera démentie par les faits.

Ajoutons que la géologie de l'Afrique, — assez simple dans son ensemble, mais difficile souvent à établir dans le détail, faute de fossiles, en des régions couvertes de décompositions superficielles, de forêts, de marécages, — n'a encore été abordée, sur le terrain (en dehors, bien entendu, de l'Algérie, de Madagascar ou du Transvaal) que par de très rares spécialistes. Quand on a essayé soi-même de faire un peu de géologie dans un pays aussi connu en apparence que la France et qu'après quinze ou vingt ans d'efforts on doit constater la quantité des problèmes capitaux encore restés sans solution, on est réellement épouvanté d'échafauder un raisonnement sur une observation consignée en courant par un explorateur, souvent (comme il y en a eu des exemples mémorables) incapable de distinguer un calcaire d'un grès ou un granite d'une lave[1], sur un échantillon recueilli au hasard par un incompétent, et dont la provenance réelle peut se trouver à quelques mille kilomètres de celle qu'un souvenir vague ou une étiquette confondue lui attribuent[2]. Lorsqu'il s'agit surtout de minerais, aux erreurs d'observations inévitables s'ajoutent les enthousiasmes irréfléchis, les « emballements » de l'homme, qui, ayant risqué sa vie très loin, dans un pays d'accès difficile, est tout prêt à y rencontrer des merveilles, les illusions d'inventeurs, dont tous ceux qui s'occupent de mines ont connu de trop nombreux exemples ; et, là-dessus, viennent, il faut bien le dire, se greffer les spéculations financières, les constitutions de Sociétés, dont on veut corser l'apport,

[1] Le cas s'est produit pour Stanley à Stanley Pool. Rappelons encore : le Rounsoro, près du lac Albert-Édouard, où le même Stanley a signalé un volcan imaginaire ; les soi-disant charbons de l'Ahaggar, etc., etc.

[2] Voir, par exemple, les phonolithes et calcaires tertiaires, donnés par M. X, comme venant du Haut-Congo et qui, d'après M. Choffat, proviennent, très vraisemblablement, de la côte du Cameroun, où les coquilles d'Uitenhague, indiquées par Stow comme recueillies au Zambèze et, en réalité, achetées, on ne sait où,à des marchands (in Suess, I, 508, note 1), etc.

les exagérations de prospectus destinés à enflammer l'imagination des actionnaires, etc., etc.

Comment alors, dans ces renseignements de seconde main, reconnaître ce qu'il peut y avoir de sérieux et se garer de trop de scepticisme aussi bien que de trop de crédulité? Le plus sûr, en pareil cas, serait évidemment de se taire. Néanmoins, les raisons exposées en commençant m'ont fait renoncer à cette prudente réserve et je me contente d'avertir le lecteur que, malgré tout mon désir de l'instruire exactement, il m'est impossible de prendre la responsabilité d'informations non contrôlables, trop rarement dues à des spécialistes. Les régions, que j'ai pu aborder moi-même en Afrique, se bornent à quelques coins d'Égypte, de Tunisie, d'Algérie, du Maroc ou du Transvaal ; mon séjour y a été nécessairement très court ; pour l'Algérie, il remonte déjà à plus de dix ans (1891), c'est-à-dire à un moment où l'industrie minérale de ce pays n'avait pas encore pris son essor actuel : la part de mes observations personnelles, dans l'étude qui va suivre, est donc fort restreinte et mon rôle a été beaucoup plutôt de chercher à éclaircir les faits observés par d'autres, à la lumière de quelques idées générales, que d'accoître le nombre de ces faits eux-mêmes.

L'ordre et la méthode à adopter dans un sujet aussi vaste ne sont pas non plus sans offrir quelque embarras. Tout d'abord, il pouvait être séduisant de décrire la géologie générale de l'Afrique, à laquelle se rattache la géologie spéciale des gîtes métallifères [1] et de dresser, à cette occasion, la bibliographie des publications géologiques africaines, très disséminées, difficiles à retrouver et à consulter [2]; je me suis vite aperçu qu'un semblable projet m'entraînerait beaucoup trop loin et je me bornerai tout à l'heure à résumer très briève-

[1] Pour cette géologie générale, voir le grand ouvrage de E. Suess, la *Face de la Terre*, si admirablement mis au courant des derniers travaux et enrichi de notes bibliographiques par M. de Margerie dans la traduction française : Tome I, p. 287 à 295 : chaîne du nord de l'Afrique ; — p. 454 et 491 : le grand plateau désertique, Sahara, Égypte, Arabie, Abyssinie, Sinaï, Suez, etc. ; — p. 492 à 509 : l'Afrique australe ; — p. 528 à 531 : Madagascar ; — p. 535 à 546, les fractures de l'Afrique orientale. — Tome II, p. 214 à 219 : l'Afrique occidentale ; — p. 794 à 802, mouvements récents des côtes.

[2] En dehors des notes nombreuses de l'ouvrage de Suess, signalé plus haut, et des comptes rendus annuels de l'*Annuaire Géologique Universel*, une semblable bibliographie a été préparée par M. A. Le Chatelier, que je remercie d'avoir bien voulu m'en communiquer les fiches; elle paraîtra, je l'espère, prochainement dans les *Annales des Mines*. Pour les notes bibliographiques qui seront données ici, je me restreindrai, en général, aux publications récentes, tout en renvoyant le plus possible, pour les travaux plus anciens, aux ouvrages qui en donnent déjà la liste. Autant, en effet, les notes bibliographiques sont un complément indispensable d'un livre comme celui-ci, autant il convient de les restreindre aux publications vraiment utiles; et, surtout en des questions dont l'aspect se transforme si vite, les mémoires tant soit peu anciens ne présentent, pour la plupart, qu'un simple intérêt de curiosité historique.

ment ce qu'il nous est indispensable de connaître ici sur la géologie africaine.

Puis, quand on aborde la description des gîtes, deux méthodes principales s'offrent aussitôt ; l'une, que j'ai suivie autrefois en écrivant, avec les notes de E. Fuchs, le Traité des gîtes minéraux et métallifères, consiste à passer successivement en revue les divers éléments de la chimie; l'autre, qui présente des avantages réels pour les recherches pratiques comme pour la mise en lumière des lois théoriques, comporte la description des richesses minérales par régions géographiques. Au risque de tomber dans quelques répétitions, je me suis décidé à employer, l'une après l'autre, les deux méthodes : c'est-à-dire que, dans les neuf premiers chapitres, j'étudierai individuellement chaque métal, faisant ainsi, pour ce qui le concerne, un essai de groupement, qui, à ma connaissance, n'avait encore été tenté en Afrique que pour l'or [1]; après quoi, dans les deux derniers chapitres, je reprendrai, au contraire, la description région par région. J'insisterai alors surtout, au chapitre X, sur la zone méditerranéenne (Algérie et Tunisie), dont les gîtes métallifères nous sont particulièrement bien connus; mais, en outre, je reprendrai rapidement, au chapitre XI, la description totale des autres parties de l'Afrique : ce qui me permettra de dégager certaines idées générales, nécessairement un peu noyées dans la longueur des descriptions précédentes. En même temps, je donnerai alors la description de Madagascar, qui forme un tout naturel à elle seule, en sorte qu'il m'a paru préférable de ne pas en disperser les éléments dans un grand nombre de chapitres. De cette manière, je pense satisfaire, à la fois, ceux qui voudraient savoir : soit où l'on trouve tel ou tel métal en Afrique; soit quels métaux et minéraux on rencontre dans un pays déterminé. Un index géographique est, d'ailleurs, destiné à faciliter les recherches.

Les gisements signalés ou décrits le seront ici, bien souvent, sans tenir compte de leur valeur pratique immédiate, suivant qu'ils présenteront plus ou moins d'intérêt par eux-mêmes et se trouveront plus ou moins scientifiquement connus. Si je voulais, en effet, proportionner la longueur de mes descriptions à l'importance actuelle des travaux miniers, je me trouverais entrainé à consacrer une très grande partie du volume aux exploitations d'or du Transvaal, aux diamants du Cap, aux gisements de fer, de phosphate, ou de zinc Algériens : c'est-à-dire que j'aurais presque à récrire, sans aucune utilité pour personne, des mémoires ou des livres, qui ont déjà été écrits par d'autres ou par moi-même. Il m'a paru, au contraire, qu'il pourrait y avoir avantage à insister, avec un défaut de proportion dont on s'apercevra vite, sur les parties les moins

[1] Lock. *Gold, its extraction and occurrence.*

connues, les moins faciles à étudier, du sujet. En outre, la mise en exploitation d'un gisement dépend de circonstances extrêmement complexes, parmi lesquelles il faut citer, en premier lieu, les facilités de transport et les besoins variables des métallurgistes ou des acheteurs de métaux. Tout en indiquant les conditions économiques actuelles, dont l'intérêt pratique est immédiat et direct, je ne les ferai pas entrer en première ligne ; car, indépendamment même de toute considération scientifique et théorique, l'évolution commerciale de l'Afrique va se faire très vite. Hier, elle en était encore à cette phase primitive, par laquelle ont passé tous les pays, où les besoins sont rares et aisément satisfaits, où les ressources sont peu mises en valeur ; c'était cet âge d'or, que chantent les mythologies : âge d'or, qui est aussi l'âge de l'or, c'est-à-dire le moment, où les particules du précieux et brillant métal sont à peu près la seule richesse minérale, dont on daigne, dont on puisse s'occuper, fautes de moyens de transports. Aujourd'hui, on y aborde, de divers côtés, l'âge de l'argent et du bronze; les gîtes de cuivre valent déjà, dans bien des cas, la peine qu'on les attaque. Demain, peut-être, on en sera à l'âge de fer. Nous sommes en présence d'une Afrique encore presque inaccessible dans sa masse ; qui peut dire la place qu'occuperont, dans l'indicateur Chaix de demain, ses chemins de fer et dans combien de temps on prendra son billet à Paris pour le Tanganyika ou le Nyanza, comme pour Pékin ou Yokohama ? Dans combien de générations allumera-t-on les hauts-fourneaux du Transvaal ou du Katanga ? Les combustibles minéraux paraissent, il est vrai, manquer à l'Afrique ; mais les chutes d'eau peuvent fournir l'énergie, qui fait le mouvement et la chaleur; et, s'il est un pays où l'on doive penser à utiliser la chaleur solaire sous une forme plus ou moins directe, c'est bien celui-là. Nul ne peut donc préciser comment et où se produira l'inévitable essor de demain, ni quels minerais, aujourd'hui simple curiosité de savants, seront utilisés dans quelques années.

En ce qui concerne ce côté, pour ainsi dire matériel, du livre, il est une dernière remarque à faire : celle qui concerne la cartographie. Quiconque a eu à s'occuper de questions relatives aux gisements et aux mines d'un pays lointain a pu déplorer le temps énorme que l'on perd toujours à rechercher la position exacte des noms mentionnés dans les articles ou les mémoires. J'aurais voulu du moins faire profiter le lecteur du travail auquel j'ai dû me livrer à cet égard ; mais il n'était pas possible de reproduire ici des cartes à grande échelle, dont le format aurait été disproportionné avec celui de l'ouvrage ; j'ai dû, par suite, me contenter de préciser les indications dans le texte, avec un soin qui fera sourire parfois les professionnels de l'Afrique et de multiplier le plus possible les petites cartes de détail, en renvoyant, pour l'ensemble, à des documents que ne peuvent manquer de posséder

der ceux qui s'occupent sérieusement de l'Afrique, tels que les cartes d'ensemble de l'Afrique au 1 : 10 000 000e de la Société de Géographie ou de R. Lüddecke, la petite carte géologique d'Afrique de l'Atlas de Berghaus, les cartes géologiques au 1 : 800 000e de l'Algérie et de la Tunisie, la carte géologique du Transvaal par M. Molengraaff[1], l'atlas colonial français de M. Pellet, les cartes géologiques des protectorats allemands, insérées dans le livre de M. Stromer von Reichenbach[2], etc.

Géologie de l'Afrique. — Laissant maintenant de côté ces observations, qu'il était nécessaire de faire au début, je vais résumer rapidement ce qui est relatif à la géologie de l'Afrique, dans ses rapports avec la répartition de la richesse minérale. Ainsi que je l'ai déjà signalé tout à l'heure, les traits généraux, que nous avons besoin de connaître, peuvent s'exposer sans longs commentaires ; nous aurons plus tard à revenir, dans les divers chapitres du livre, sur ce qui concerne plus spécialement telle ou telle région.

Dès le premier examen d'une carte géologique d'Afrique, si imparfaite qu'elle soit nécessairement encore, le fait capital, sur lequel nous aurons à nous appuyer maintes fois dans notre étude, saute immédiatement aux yeux, c'est la distinction de l'Afrique en deux régions principales : l'une, dont les derniers plissements remontent à l'époque carbonifère et que recouvre un manteau horizontal de permo-trias ; l'autre, à plissements tertiaires encore saillants : régions qu'ont morcelées, l'une et l'autre, des lignes de fracture et d'effondrement très récentes, surtout le long des rivages, ou du côté des grands Lacs.

On voit aussitôt quelles seront les trois zones, les trois séries géologiques, que nous devrons distinguer, et, par suite, les trois types de gîtes métallifères, que nous pouvons nous attendre à rencontrer :

1° Dans la grande masse ancienne du continent, qui comprend à peu près toute l'Afrique, dans ce bloc solide et inébranlable, resté aussi complètement en dehors de notre histoire géologique européenne qu'il l'a été plus tard de notre histoire humaine, terrains cristallins et primaires métamorphiques, roches de cristallisation profonde amenées au jour par l'érosion, telles que granites, granulites, diorites, norites[3], etc. : en un mot, facies comparable à celui de la Scandinavie ou du

[1] *Géologie de la République Sud-Africaine du Transvaal.* (Bul. Soc. géol., 1901, 4e sér, tome I, page 13).

[2] *Die Geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika* (1 vol. 1896, Munich). Je rappelle également, pour certains pays, comme l'Algérie, l'Égypte, Madagascar, le Transvaal, l'existence de guides du voyageur ou de l'émigrant, qui, pour n'être pas des ouvrages scientifiques, peuvent néanmoins rendre des services.

[3] Norites du Congo étudiées par M. Michel Lévy ; du Transvaal, décrites par M. Molengraaff, etc.

Canada, et gîtes métallifères profonds, tels que peut les faire prévoir l'étude de ces deux pays ;

2° Dans la zone plissée méditerranéenne[1], dont l'histoire a toujours été plutôt rattachée à celle de l'Europe qu'à celle de l'Afrique, terrains jurassiques, crétacés et tertiaires (jusqu'à l'helvétien) bouleversés, disloqués, faillés, comme ils peuvent l'être sur les autres rameaux de la chaîne Alpestre, Sierra Nevada, Apennins, Alpes Illyriennes : donc, épanchements de roches éruptives et gîtes métallifères à facies superficiel ;

3° Suivant les sillons de dislocation et d'effondrement, phénomènes volcaniques proprement dits, sources thermales abondantes et, peut-être, gisements métallifères analogues à ceux des zones éruptives tertiaires, le long des Montagnes Rocheuses ou au Mexique[2].

En ce qui concerne ces derniers, je remarque cependant de suite que, soit parce que les explorations ont été insuffisantes, soit parce que ces gîtes métallifères, pour une cause quelconque, ne se sont pas constitués, ou plutôt n'ont pas été mis à nu, nous aurons fort peu de chose à mentionner, si ce n'est peut-être en Abyssinie, sur la côte égyptienne de la mer Rouge et au Sinaï. C'est, du reste, une erreur de croire que la relation, admise par la plupart des géologues entre l'origine des métaux filoniens et les roches éruptives, se traduise, en pratique, par un rapprochement entre les filons et le volcanisme. On connaît extrêmement peu de gîtes métallifères, dans le monde, qui puissent être rattachés à des appareils volcaniques proprement dits. Cela tient, je crois, à ce que les minéralisations métalliques ont cristallisé, pour la plupart, avant d'être arrivées à la superficie, jusqu'à laquelle parviennent à peine, par le volcanisme, un peu de fer, de cuivre, de mercure. Les éléments, qui montent à la surface sous forme de dissolutions thermales ou de fumerolles, sont, en effet, ceux-là seuls, dont la solubilité est extrême ; tous les autres se déposent dans les fractures profondes, où nous ne les

[1] Il faut entendre ce mot dans un sens très large. La limite générale, vers le Sud, des formations secondaires à l'intérieur de l'Afrique va grossièrement du cap Guir au cap Guardafui en suivant la chaîne du Tasili et du Tibesti, passant au Sud de la Nubie et englobant le Sud de l'Abyssinie, où l'on a trouvé les divers termes du jurassique. On sait même qu'un fossile crétacé a été présenté récemment par M. de Lapparent comme venant d'une oasis près d'Agadem, au Nord du Tchad. Cette incursion de la mer crétacée vers le Sud serait-elle en rapport avec un sillon d'effondrement analogue à celui de l'Est africain, qu'indiquent peut être les manifestations éruptives du Tekut, du Fessan, du Tibesti, du Mendif et du Cameroun, prolongeant celles de l'Italie ?

[2] Je renvoie, pour la description de ces sillons de fractures, qui intéressent tout spécialement la géologie générale, à l'ouvrage de Suess. On trouvera, en particulier, au tome I, p. 535 à 546, une belle étude sur cette zone d'effondrement, si remarquablement rectiligne, qui va de la Syrie aux Grands Lacs. Je note seulement (t. I, p. 469) qu'une partie des éruptions d'Abyssinie paraît remonter, comme celles du Dekkan indou, à l'éocène : ce qui pourrait donner quelque espoir de trouver là des gisements métallifères du type ouest-américain.

découvrons et les voyons que lorsqu'une érosion dejà avancée a fait disparaître les signes extérieurs de l'éruptivité, pour laisser apercevoir les magmas ignés souterrains, cristallisés par intrusion sous une écorce déjà relativement épaisse.

Nous laisserons donc, en somme, de côté, cette troisième catégorie de gîtes, — mentionnée ici pour mémoire, parce qu'on peut la rencontrer un jour — et ne nous occuperons que des autres grandes divisions : 1° l'ancien continent, le continent noir, et 2° l'Afrique méditerranéenne, ou latine.

1° Massif ancien. — L'ancien continent tout d'abord. Ce n'est pas par un hasard que ce continent, géologiquement si vieux, si différent de notre Europe centrale et méridionale, sur laquelle se sont accumulées toutes les dernières perturbations de notre planète, est resté, en même temps, si absolument fermé à notre civilisation et ce n'est pas pour le plaisir de faire un rapprochement singulier ou imprévu que je comparais, tout à l'heure, son histoire géologique à son histoire humaine. L'Afrique noire constitue un monde à part, un bloc massif, impénétrable et comme enclos de murs, où rien de ce qui nous semble essentiel dans les aventures de l'homme sur la terre n'a pénétré, où pas le moindre écho de ce qui passionna nos ancêtres n'a été entendu[1]. Chose étrange, quand on y pense, que ce sommeil où l'Afrique est plongée depuis qu'il y a des hommes ! Mais, cet isolement, elle le doit à sa constitution géologique, qui en fait, à quelques ondulations près, un immense plateau, découpé seulement et tranché à larges coups de hache sur les bords, sans baies profondes, sans dentelures de rivage, sans ces arabesques, ces ciselures, qui donnent à la carte d'Europe une sorte d'apparence artistique : un plateau, séparé presque partout de la mer, la grande voie naturelle de pénétration, par des escarpements, dus à des fractures géologiques et difficiles à franchir[2].

Tout ce monde africain apparaît au géologue extrêmement vieux. A part ces dépôts de lacs permo-triasiques, dits du Karoo, qui le recouvrent irrégulièrement et, par leur ravinement, leur démantèlement inégal, introduisent quelque diversité dans ses aspects — à part surtout les sillons d'effondrement tertiaires, que je laisse de côté en ce

[1] Les arabes ont pénétré profondément en Afrique ; mais ce qu'ils ont pu y apporter de notre histoire est déjà bien indirect.

[2] Dans toute l'Afrique centrale et méridionale, les dépôts secondaires sont strictement localisés sur une étroite bande côtière ; c'est-à-dire que les mers secondaires ne paraissent pas avoir pénétré à l'intérieur du continent, mais ont dû avoir des rivages très voisins des rivages actuels. Le long de ceux-ci, on remarque, presque partout, des escarpements, qui, par exemple à l'Est de l'Afrique australe, coupent transversalement la direction des plis géologiques. Ce sont, de même, ces escarpements côtiers, qui rendaient l'accès commercial du Congo si difficile avant l'établissement du chemin de fer, etc., etc.

moment —, c'est, malgré la saillie générale, qui tient aux effondrements côtiers, une portion de notre planète usée, émoussée, sans relief violent, comme une pièce de monnaie, qui a trop longtemps servi.

Il est vrai, des géographes, comme E. Reclus, ont été frappés par le caractère rudimentaire, irrégulier, inachevé de certains cours d'eau; mais cette observation ne contredit pas, en réalité, comme on pourrait le croire d'abord, la remarque précédente; car, jamais, lorsque, dans un pays, les massifs anciens ont été mis à nu comme ici, sur ces plateaux aux roches dures, péniblement entamées, sciées par les eaux, sans larges vallées susceptibles de se colmater par les alluvions, les profils des fleuves n'atteignent la régularité absolue, dont ils sont susceptibles au milieu d'immenses bassins sédimentaires, facilement affouillables. Ce régime des vastes cours d'eau africains, avec leurs énormes lacs, leurs rapides et leurs chutes, qui forment autant de seuils, de ressauts, de gradins, contribue à les rapprocher des deux grands plateaux anciens septentrionaux, auxquels nous comparerons souvent l'Afrique, la Scandinavie ou la Finlande et le Dominion Canadien. Dans l'Afrique, — en laissant toujours de côté la chaîne de l'Atlas et les régions volcaniques de l'Est — l'arasement est marqué par la disparition générale des hautes montagnes à profils alpestres, qui ont dû se dresser, un peu partout, à l'époque carbonifère; on le reconnaît aussi à ces vastes plaines de cailloux et de sables, à ces grands espaces, où les ruissellements ne savent même plus par où gagner la mer, à ces étendues de marécages, de steppes et de déserts. C'est pourquoi, malgré les chutes de l'Orange et du Zambèze, malgré les rapides du Congo, malgré les cataractes du Nil, nous pouvons dire que l'architecture de ce continent est réduite à ses fondations, que l'étoffe en a été usée jusqu'à la trame.

Et la conséquence, pour nous, c'est l'apparition d'une foule d'éléments géologiques, qui, dans les régions plus récemment disloquées, ne se montrent que localement et par hasard à la surface ; c'est — point sur lequel je vais avoir à insister — la prédominance, pour les roches éruptives et pour les minerais, des types de profondeur.

Quel est exactement l'âge de ces terrains anciens, qui forment la plus grande part de l'Afrique et que nous venons de désigner comme précarbonifères; il n'est pas nécessaire, pour notre sujet, de le préciser et nous devons nous en estimer heureux; car, à de très rares exceptions près, l'âge des terrains anciens d'Afrique reste indéfinissable; malgré les recherches de bons géologues, comme Cornet au Katanga, Barrat au Congo, Molengraaf et d'autres au Transvaal, les fossiles paraissent, jusqu'ici, y faire défaut à un degré extraordinaire[1] : soit qu'on n'ait pas

[1] Un ironiste ne manquerait pas de remarquer combien il est heureux, pour la

eu le temps de fouiller assez dans des terrains anciens, remontant à des époques où les formes de vie étaient rares sur notre planète ; soit qu'on ait affaire le plus souvent à des dépôts constitués très loin des rivages, dans ces profondeurs marines, où les restes organiques sont toujours peu abondants. On possède, cependant, quelques déterminations, un peu plus exactes mais encore bien restreintes, dans le Sahara, le Congo, la Colonie du Cap, l'Abyssinie, le Sinaï, et voici à peu près à quoi elles se bornent.

Avant le dévonien, tout d'abord, je ne crois pas qu'aucun terrain ait été déterminé autrement que par l'ordre apparent de succession stratigraphique, qui a joué, dans ce cas, un rôle analogue à celui des évaluations « par différence » en analyse chimique[1].

La série sédimentaire commence, suivant les cas, par des gneiss, micaschistes, phyllites, schistes feldspathiques, micacés ou chloriteux, leptinolytes, hälléflinta, cornes, quartzites, etc., avec, localement, des bancs de cipolin. Nous aurons à revenir sur les importantes lentilles d'oligiste et de magnétite, qui existent dans cette série et qui constituent une analogie remarquable avec les autres grands plateaux anciens, comme la Scandinavie, le Canada, le Brésil, etc.

Le dévonien, qui paraît former un groupe assez homogène avec le carbonifère, a été déterminé par des fossiles en quelques points du Sahara, où il doit occuper de grandes étendues sous forme de grès noirâtres à Spirifer[2] ; des grès du même âge apparaissent au pied de l'Atlas marocain ; Barth a recueilli des fossiles dévoniens au Nord de Mourzouk et Duveyrier à Serdelès.

On a trouvé encore le même étage, sous une forme marine, à Bokkeveld, dans le Sud de la colonie du Cap ; enfin, on a annoncé, sans preuves, sa présence au Congo belge et c'est, je crois, à peu près tout ce que l'on en peut dire.

Pour le carbonifère, les observations sont un peu plus nombreuses. Les formes calcaires et marines de ce terrain ont été reconnues au

science géologique, que les rôles ne se soient pas trouvés intervertis entre les races de Cham et de Japhet. Car, s'il avait fallu constituer la géologie en Afrique, on n'y serait jamais parvenu.

[1] La carte d'Algérie, comme celles du Congo ou du Transvaal, mentionne le silurien avec un point d'interrogation.

[2] Suess, t. I, p. 462 et travaux de G. Stache, Beyrich, Foureau, cités par lui. Il faut remarquer que la plupart des terrains qualifiés de dévoniens, même là, tels que les grès noircis du Tasili, ne le sont que par hypothèse, ou par assimilation à de grandes distances. D'autre part, en de vastes régions, comme l'Égypte et l'Abyssinie, les terrains paléozoïques semblent faire totalement défaut et l'on trouve, immédiatement sur le soubassement archéen, soit ce grès de Nubie, qui prolonge peut-être les formations du Karoo, soit le grès d'Adigrat préjurassique, que M. Suess a proposé, avec plus de vraisemblance encore, de rattacher à celles-ci *loc. cit.*, I, 470 et 473).

Maroc par Coquand[1]. Je viens de rappeler que les observations de Foureau, Lenz, etc... montrent leur extension dans le Sahara[2], entre l'Atlas et les dunes d'Iguidi, puis au nord de l'Ahaggar et jusqu'à Mourzouk. Après une interruption, on retrouve le carbonifère marin en Egypte (dans le désert de Galala, entre le Nil et la mer Rouge), dans la presqu'île du Sinaï, (où il a été étudié par Bauermann et Tate), au sud de la mer Morte, etc.[3].

Au Congo français comme au Congo belge, toutes les assimilations proposées de terrains paléozoïques avec le silurien, le dévonien, le carbonifère, sont, jusqu'ici, purement hypothétiques : aucun fossile, ni même aucun organisme microscopique déterminatif, n'ayant été rencontrés par MM. Barrat, Cornet, etc[4].

Dans la colonie du Cap, au-dessus des schistes de Boschveld dévoniens, les grès et quartzites des Zwarteberge, Zuurberge, etc. renferment des plantes du carbonifère inférieur.

Sur le Zambèze, les gisements houillers de Tete, qui seront décrits plus loin en détail, appartiennent, croit-on, au même étage.

Enfin, vis-à-vis l'île de Pemba, Thomson a signalé des fossiles carbonifères[5].

C'est par dessus ces divers terrains métamorphiques, plissés, que l'on trouve, en discordance, les dépôts du Karoo, dont il va être bientôt question. Le mouvement de plissement carbonifère est donc bien caractérisé ; mais il existe, en outre, à divers niveaux, entre les terrains primaires, au Congo, au Transvaal, etc., partout en un mot où des observations précises ont pu être faites, des discordances, qui suffisent à montrer l'existence de grands mouvements tectoniques, antérieurs au carbonifère et pareils à ceux qui sont marqués dans le Nord de l'Europe ou de l'Amérique.

C'est ainsi qu'au Transvaal nous trouverons deux formations granitiques distinctes, pouvant, par assimilation avec l'Europe, être qualifiées : la première de calédonienne (début de la série primaire du Cap) ; la seconde de hercynienne (entre cette série et celle du Karoo). A ces deux séries inégalement anciennes se rattachent des gisements métallifères de types distincts : à la première, les cassitérites associées aux pegmatites du Swaziland et peut-être les conglomérats aurifères du

[1] *Descript. géol. de la partie septentr. de l'empire du Maroc.* (Bull. Soc. géol., 2e sér., IV, 1847, p. 1198-1205.) — Le carbonifère n'est pas connu en Algérie.

[2] Voir Rolland. *Carte géol. du Sahara* (reproduite in Suess. I, 459).

[3] Bibliogr. in Suess (*loc. cit.*, I, 473, note 1).

[4] Je ne crois pas que M. Dupont ait jamais donné la description annoncée des fossiles qu'il aurait trouvés dans le Bas-Congo.

[5] In Suess (*loc. cit.*, I, 504).

Witwatersrand; à la seconde, les filons-couches intercalés dans les dolomies, les diaclases incrustées du même terrain, les veines complexes de plomb, zinc, cuivre, argent, etc., en relation assez directe avec les formations éruptives, dites du Boschveld.

Les terrains postérieurs au carbonifère sont, au contraire, remarquables, dans presque toute l'Afrique, (exception faite de la chaîne côtière méditerranéenne au Nord-Ouest) par l'horizontalité qu'ils affectent d'habitude[1], n'accusant nulle part de mouvements tangentiels ayant produit des refoulements ou des plissements, mais seulement des cassures verticales d'effondrement. Cette observation s'applique même aux terrains secondaires et tertiaires de l'Egypte et M. Suess a insisté sur ce que présentait, à cet égard, de remarquable, la zone de la mer Rouge et de l'isthme de Suez, ou celle du golfe d'Akaba, prolongeant le sillon de la mer Morte[2]; mais, en ce moment, c'est uniquement des dépôts plus anciens, permo-triasiques, dits du Karoo, que je veux parler.

Cette ancienne formation du Karoo, sur laquelle nous aurons à revenir à l'occasion des couches de combustible qu'elle renferme et des cheminées diamantifères qui la traversent, a été surtout étudiée dans l'Afrique Australe, où elle présente, sur une énorme épaisseur, des dépôts lacustres de grès, schistes et combustibles, sans aucun fossile marin, mais riches par endroits en étranges restes de reptiles terrestres. Elle débute là par un conglomérat, que l'on croit glaciaire (conglomérat encore plissé avant le dépôt des couches suivantes) et l'on doit admettre que, sur le plateau africain, émergé à la suite des plissements carbonifères, puis abrasé, une ou plusieurs cuvettes lacustres se sont progressivement remplies de détritus charriés par les fleuves, en même temps que leur fond s'enfonçait progressivement, dans des conditions qui rappellent tout à fait ce qui a dû se passer pour les bassins carbonifères du plateau central français. L'assimilation peut même être poussée plus loin; car des épanchements nombreux de roches éruptives, diabases, porphyrites, mélaphyres, etc., intercalés dans cette sédimentation comme les orthophyres et porphyrites dans la France Centrale, prouvent que ces mouvements d'affaissement ne s'effectuaient pas sans des brisures, par lesquelles des magmas ignés montaient jusqu'à la surface. Aucun gîte métallifère n'a été signalé dans ces dépôts, où l'on aurait pu s'attendre à trouver un peu de cuivre, de plomb et de manganèse.

Au Nord du Transvaal, des formations gréseuses et parfois charbon-

[1] M. Suess remarque (I, 479), dans tout le grand plateau désertique, de l'Atlantique au golfe de Gabès et, plus au Sud, jusqu'au Tchad ou au Darfour, en Egypte, en Syrie, en Arabie, la prédominance des couches horizontales, avec ruptures verticales par affaissements, sans aucune trace de poussée latérale ou de plissement.

[2] *Loc. cit.*, I, 488, etc.

neuses, tout à fait analogues à celles de l'Afrique Australe, se prolongent, dans les mêmes conditions de discordance au-dessus des terrains archéens, sur tout le bassin du Congo, depuis le Katanga jusqu'aux monts de Cristal [1], et, de même, vers les lacs Nyassa et Tanganyika. On peut même aller plus loin. Jusque dans la région abyssine, on trouve, au-dessous du jurassique, des grès, dits d'Adigrat, que M. Suess a proposé de rattacher à ceux du Karoo, et le même auteur n'est pas éloigné de rapporter à la même formation les importants dépôts de grès de Nubie, qui viennent s'intercaler entre le paléozoïque et le cénomanien, avec un aspect tout à fait analogue à celui des grès permiens européens, bien que, dans le Nord, Zittel ait montré l'âge plus récent de ces grès. On suit les grès de Nubie, à l'Est de la vallée du Jourdain, probablement jusque dans le Liban. Ils renferment du cuivre au Sinaï.

Enfin, en Algérie, où l'on sait combien les découvertes récentes attribuent d'importance au trias jusque-là méconnu, on peut être conduit à ranger dans le permien d'importants dépôts gréseux, qui existent au Sud de la province d'Oran et y contiennent du cuivre, ainsi que des conglomérats de la même région.

On trouve donc, sur presque toute l'étendue de l'Afrique, l'indice de dépôts détritiques très développés, qui se seraient produits à des époques diverses (de plus en plus récentes, ce semble, à mesure que l'on va vers le Nord) entre le dernier grand plissement du sol carbonifère et l'âge secondaire, et qui témoignent, peut-être, d'affaissements locaux dans cet immense plateau, resté sans doute à l'abri des incursions de la mer et stable dans sa grande masse, mais probablement soumis néanmoins à des mouvements de tassement internes, moins accentués que ceux dont résultent les plissements de montagnes, et dus, comme eux, à la contraction terrestre.

En résumé, l'histoire géologique du massif africain peut être conçue à peu près de la façon suivante :

Jusqu'au dévonien, nous ne savons rien de précis; mais nous voyons que de fortes épaisseurs de sédiments métamorphiques accusent, entre elles, une série de discordances, marquant divers grands mouve-

[1] Dans le *Katanga*, M. Cornet a distingué, de bas en haut, les couches inférieures C (de Kundelungu) et les supérieures B (de Lubilaché). Les couches C présentent, avec des grès rouges feldspathiques, des schistes et des calcschistes ; les couches B, où dominent également les grès, contiennent, au milieu d'eux, quelques schistes. Ces terrains s'élèvent, dans les monts Kundelungu, près du lac Moero, à 1630 mètres. Dans la région des plateaux, ils descendent à 800 m. Comme comparaison remarquons que, vers Johannesburg, les formations du Karoo se trouvent à la côte 1300.

Dans le Congo et dans le Kouilou, on a, à la base, des psammites et des grès feldspathiques compacts de couleur rouge ; puis un poudingue, un grès jaune et blanc, un quartzite brun et enfin un grès blanc friable.

Dans l'Ogooué, plus au Nord, la coupe se réduit au psammite de Franceville peu développé et au grès blanc.

ments du sol, dont l'étude n'a pas encore été faite. Au milieu de ces terrains s'intercalent des roches éruptives de profondeur et des gîtes métallifères importants (oxydes et sulfures de fer, or, cuivre, nickel, etc.), que nous considérons également comme profonds. Tout porte à penser que les saillies extérieures de ces terrains très anciens ont été, dans la longue série des âges géologiques suivants, soumises à une érosion intense, qui a pu en faire disparaître entièrement ou presque entièrement les termes supérieurs, en admettant même qu'ils aient existé.

Avec l'époque dévonienne, un nouvau régime a dû s'annoncer. La mer a couvert, certainement, le plateau désertique du Sahara, l'Est de l'Egypte, la colonie du Cap ; il est très possible qu'elle se soit étendue largement dans l'intérieur de l'Afrique, et le même régime n'a fait que s'accentuer pendant le carbonifère, qui a laissé, de divers côtés, des dépôts marins.

Mais, à la fin du carbonifère, un mouvement considérable, qui est le grand événement géologique de l'Afrique, s'est produit : des chaînes de montagnes ont surgi, avec glaciers, lacs marginaux, etc. Les premiers remplissages de lacs (conglomérats de Dwycka[1]) ont encore été plissés par les derniers mouvements de la chaîne; mais, ensuite, l'Afrique n'a plus été, jusqu'à notre temps, qu'un immense plateau, où se sont seulement produits des mouvements de tassement à faible amplitude, des gondolements de la surface, amenant des dépôts lacustres[2] et, ailleurs, des craquelures rectilignes, des affaissements verticaux plus ou moins accentués.

C'est à partir de ce moment que l'érosion a dû s'exercer, sur ce grand massif ancien, dans des proportions qui présentent le plus vif intérêt pour notre étude[3]. Aidée sans doute par un régime de pluies tropicales, qui amenait une altération très rapide des roches, elle s'est peut être produite suffisamment vite pour donner, dès l'époque permienne, à l'Afrique, un aspect, que je me représente assez semblable à celui de la Finlande, de la Laponie, de l'extrême Nord américain (au climat

[1] On a beaucoup discuté sur le caractère glaciaire de ces formations de conglomérats, qu'on trouve également à la base des dépôts houillers du Plateau Central et même sur la possibilité de glaciers à l'époque carbonifère. La question reste en suspens pour le Plateau Central français, mais paraît bien tranchée pour l'Inde et pour le Transvaal.

[2] Ces formations étaient-elles bien exclusivement lacustres ? Quelques lentilles calcaires, signalées par exemple dans le Katanga, y marquent peut-être le voisinage de la mer. Dans la zone littorale du Congo, M. Barrat a signalé des grès gypsifères et cuprifères.

[3] On peut suivre, aujourd'hui encore, les progrès de l'abrasion, d'une part et du comblement, de l'autre, dans les modifications continues, qui, depuis les temps historiques, agissent, d'une façon très nette, sur le régime de la vallée du Nil.

près), avec presque autant de lacs que de terre et des végétations abondantes sur le bord de ces eaux. Peu à peu, la plupart de ces lacs se sont comblés, surtout lorsque les mouvements du sol ont cessé d'approfondir les dépressions à la base en même temps qu'elles se remplissaient au sommet et, vers l'époque jurassique, l'Afrique a dû être déjà très analogue à ce qu'elle est aujourd'hui, partout où ne se sont pas produites les dénivellations et les éruptions tertiaires, qui lui ont redonné un relief notable. Dès lors, il a dû exister, sur de grandes étendues, ces produits de décomposition latéritiques, qu'on retrouve aussi bien dans l'Inde, à Madagascar ou en Guyane qu'en Afrique, et dont l'épaisseur cesse, d'ailleurs, de s'accroître lorsque, le nivellement étant fini, le niveau hydrostatique s'établit à une faible distance de la superficie.

C'est à l'époque du lias qu'ont eu lieu, en Afrique, les premières grandes fractures, dont l'effet s'est surtout fait sentir sur la direction des côtes. Nous voyons la mer du lias envahir le Nord-Ouest de Madagascar, mer en communication probable avec la large Méditerranée jurassique, qui allait de l'Amérique Centrale à l'Indus. Puis la coupure s'enfonce; le bathonien apparaît dès le Sud de l'Abyssinie (Choa) et, à 400 kilomètres plus au Nord, à Antalo ; le callovien supérieur et le kimméridgien supérieur à Mombas, près Zanzibar.

La période crétacée commence. Alors, sans parler de la région Nord-Ouest, que nous laissons pour le moment de côté, et même du Nord-Est, où la transgression cénomanienne présente une grande extension, les mouvements de cassure littoraux, commencés avec le lias, s'accentuent sur toute la périphérie de l'Afrique.

Au Sud-Est du Cap, sur la côte, les dépôts les plus anciens de cette nouvelle période sont les couches néocomiennes d'Uitenhague. Sur la côte Est, le cénomanien et le sénonien apparaissent vers Natal. L'aptien vient d'être signalé à Delagoa Bay[1]. Plus au Nord, on retrouve du crétacé le long du rivage, en face Zanzibar et Pemba.

A l'Ouest, l'albien apparaît dans la province portugaise d'Angola, suivi par le cénomanien, qui, d'après M. Barrat, semble former au Gabon la base des dépôts fossilifères, tandis qu'en Angola, il repose sur les terrains précédents. Le cénomanien est recouvert, à son tour, par le turonien de Libreville, le sénonien d'Angola. C'est-à-dire qu'en résumé, du Gabon au Mozambique, la mer crétacée paraît avoir été limitée, à peu de chose près, aux rivages de la mer actuelle.

En dernier lieu, les mouvements tertiaires se localisent suivant les sillons d'effondrement bien connus et les lignes d'éruptions volcaniques, que met aussitôt en évidence une carte d'Afrique. Je me con-

[1] KILIAN. (*Comptes rendus de l'Ac. des Sc.* 7 juillet 1902.)

tente de signaler : l'étonnant sillon linéaire de la mer Rouge et de Suez, que vient recouper, suivant un angle oblique, à l'extrémité du Sinaï, celui de la mer Morte et du Jourdain; puis la faille limite du massif abyssin à l'Est, que prolonge la zone effondrée des lacs Stéfanie, Rudolf et Manjara (à l'Ouest du Kilimandjaro); enfin la fosse des lacs Albert, Albert-Edouard et Tanganyika, qu'il est naturel de raccorder avec celle du lac Njassa, placée elle-même sur le prolongement de la fracture volcanique du Kilimandjaro. L'existence de ces deux sillons linéaires d'effondrement dans la région des grands lacs, avec le massif archéen du lac Victoria dans l'intervalle, est un des faits les plus remarquables dans la géologie du globe.

2° Chaîne tertiaire méditerranéenne. — La chaîne tertiaire méditerranéenne, surtout marquée en Algérie et en Tunisie, sera l'objet d'une étude spéciale, quand nous nous occuperons de ces deux pays au chapitre X. Il suffira donc d'en marquer ici quelques traits principaux[1].

Si l'on examine, sur une carte d'ensemble, la région Ouest de la Méditerranée, on voit aussitôt les diverses zones de terrains, qui en accusent les plissements, dessiner une courbe continue suivant les rivages de l'Afrique et de l'Espagne, en traversant la coupure du détroit de Gibraltar, comme si elle n'existait pas[2]. Cela est marqué, notamment : 1°, par une ligne de roches éruptives récentes, qui, presque partout conforme aux rivages actuels, jalonne, suivant leur direction, une fracture ; 2°, un peu plus loin, par une zone archéenne et primaire, qui reparaît à l'état de tronçons discontinus à Bône, à Philippeville, en Kabylie, autour d'Alger, à Mouzaïa, Miliana, Oran, la Tafna, au Maroc et à l'Est de Grenade; enfin, 3°, par la série des ondulations jurassiques, crétacées et tertiaires, au milieu desquelles le trias, et peut-être le permien, ou rarement les schistes primaires, se montrent à l'état d'îlots. Au Sud, cette zone plissée se termine par des escarpements au-dessus du Sahara.

Il semble, dès lors, y avoir là une chaîne montagneuse, formée par une poussée des terrains vers le Sud, avec une ligne d'effondrement volcanique en arrière, du côté du Nord ou de la mer : chaîne qui se rapproche, par tous ses caractères généraux, de ce qu'on peut observer dans les autres rameaux alpestres, notamment dans la Cordillère Bétique et les Apennins, et dont les gisements métallifères doivent, par suite, selon toute vraisemblance, être analogues à ceux de ces régions. Le surgissement de cette chaîne paraît avoir commencé vers l'éocène, en même temps que les manifestations éruptives, pour se prolonger

[1] Voir également Suess, *loc. cit.*, I, 287 : Chaîne du Nord de l'Afrique.

[2] Voir, à ce propos, la carte du Maroc, au chapitre x.

pendant les périodes suivantes. Son bord externe plissé est au Sud, comme il est à l'Est dans les Apennins, ou à l'Ouest dans la Cordillère Bétique, décrivant ainsi presque une ellipse entière (fig. 1) ; son bord interne effondré est partout marqué par des roches volcaniques. C'est comme une sorte d'énorme cratère, — plus complexe en réalité que je ne viens de le supposer, mais gardant cette allure générale, — dont l'extension, la dilatation progressive semble avoir repoussé, accumulé vers la périphérie les terrains empruntés à son centre, tandis que se formait, dans cette dépression centrale, l'ensemble de mers, qu'on a appelé la mer Tyrrhénienne[1].

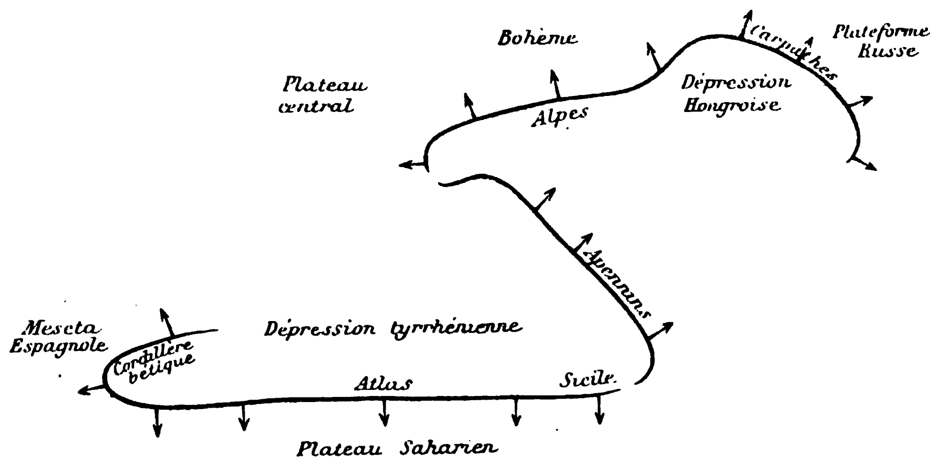


Fig. 1. — Lignes directrices du système de plissements alpins.
(Les flèches indiquent le sens du refoulement).

Au Sud des chaînes algériennes commence, après une large zone de formations détritiques modernes, l'avant-pays saharien, aux massifs tabulaires horizontaux, dont les caractères généraux ont été précédemment signalés.

Cet avant-pays, encore si inexploré, contre lequel les chaînes de l'Atlas sont venues buter et s'écraser en le disloquant, comme l'ont fait la Cordillère Bétique contre la Meseta espagnole, les Alpes contre le Plateau Central ou la Bohême, les Carpathes contre la Plateforme russe, nous réserve peut-être des surprises heureuses pour les filons métallifères,

[1] Un immense cratère du même genre marque l'ensemble du Pacifique. En général. cette disposition par cercles grossiers, par pustules volcaniques, semble correspondre bien mieux à la réalité que l'ancienne idée de directions rectilignes (ou même sinueuses), d'abord admise pour les chaînes de montagnes et rattachée à des éléments géométriques d'un polyèdre terrestre. L'aspect d'une photographie lunaire est instructif à cet égard.

s'il s'est fracturé, lors de cet écrasement, dans les mêmes conditions que les grands massifs anciens européens, où se sont trouvés tant de beaux filons plombeux et argentifères.

Les gisements métallifères, que nous connaissons jusqu'ici en Algérie et Tunisie, sont, au contraire, ceux de la chaîne plissée elle-même et de la zone effondrée centrale, où les filons paraissent généralement présenter moins d'ampleur et de continuité. Les fractures minéralisées d'Algérie forment, d'abord, une première zone, en relation souvent très directe avec la chaîne volcanique, c'est-à-dire localisée au voisinage de la côte et comprenant surtout du cuivre et du fer ; en s'éloignant vers le Sud, on trouve ensuite des multitudes de filons, disséminés au milieu des calcaires et des marnes de divers âges : filons, où le cuivre et le fer existent encore, mais avec prédominance du zinc et du plomb et, souvent, avec présence du mercure ou de l'antimoine.

Toute cette chaîne récemment plissée présente encore un relief très accidenté ; l'érosion, si intense qu'elle ait pu être par endroits, n'a pas eu le temps d'y accomplir son œuvre[1] ; il en résulte que la superficie actuelle doit être relativement peu différente de celle qui existait au moment où se sont constitués ces filons, dont nous observons donc les parties originellement supérieures. En même temps, le niveau hydrostatique, souvent très profond par suite de ces irrégularités de relief, a permis aux réactions oxydantes superficielles de s'étendre sur de grandes hauteurs des gîtes et amené, par exemple pour le zinc, une prédominance des types calaminaires, ou, pour le fer, des hématites et des sidéroses.

Il existe, d'autre part, comme je viens de le dire, des tronçons anciens reparus sur le bord interne de la chaîne, dans lesquels se trouvent quelques gisements de fer oxydé, qu'il est permis de rattacher à une formation primitive ou primaire, analogue à celle que nous avons rencontrée tout à l'heure dans le massif ancien africain et l'on trouve également, dans ces massifs primaires, d'autres filons de peu d'importance, qui résultent peut-être, au contraire, de cassures tertiaires, c'est-à-dire qu'ils peuvent être contemporains de l'ensemble des gîtes précédemment signalés.

[1] M. Jordan a fait, en Tunisie, cette remarque curieuse que souvent des points culminants actuels correspondent à d'anciens synclinaux des plissements : Dyr du Kef (1 100 m.) ; Kalaat-es-Senam (1 250 m.) ; Dyr de Tebessa (1 520 m.).

CHAPITRE PREMIER

GISEMENTS D'OR AFRICAINS

A. — **Généralités, Production industrielle.**
B. — **Étude des diverses régions :**
1° Zone des plissements de l'Atlas : Maroc, Algérie, Tunisie.
2° Sénégal, Soudan et Guinée française.
3° Les mines d'Or Ouest-africaines. — District de Takwa et pays des Ashantis. — Côte d'Or anglaise. — Côte d'Ivoire française.
4° Cameroun, Congo, Angola, Afrique occidentale allemande.
5° Mines d'or du Transvaal. — Witwatersrand et districts de Klerksdorp et Heidelberg. — Districts de Barberton ou de Kaap, de Lydenburg, du Murchison Range, etc.
6° Rhodesia : Matabéléland, Mashonaland, Manicaland.
7° Colonie portugaise du Mozambique.
8° Est-africain allemand.
9° Abyssinie.
10° Égypte.

L'or est la substance minérale, sur laquelle on compte généralement le plus pour la mise en valeur de l'Afrique. On peut, en effet, espérer que, dans les parties encore vierges de cet immense pays neuf, quelques zones de grande richesse se rencontreront, comme il s'en est déjà présenté dans les régions, où les Européens ont pénétré depuis un temps un peu plus long. L'existence de très nombreuses exploitations indigènes paraît une confirmation logique de cette idée. A cet égard, il convient cependant de prendre garde et d'éviter une illusion naturelle, très enracinée dans le public, et qu'une certaine catégorie de financiers a grand soin d'entretenir. On s'imagine, en effet, généralement que, lorsqu'il existe ou a existé sur un gisement des travaux indigènes produisant de l'or, une industrie européenne, organisée avec des engins perfectionnés, doit nécessairement donner des résultats beaucoup plus fructueux. Cela est vrai assurément pour les gisements de grande extension et continus en profondeur, tels que les filons, ou les couches de conglomérats transvaaliens, qui leur sont assimilables. Cela a, au contraire, toutes les chances pour être inexact dans les alluvions de rivière, les poches de décomposition superficielle, les placers, lorsque

ceux-ci ne se prêtent pas à l'organisation de quelque méthode de traitement spéciale, comme le procédé hydraulique californien. Des nègres,

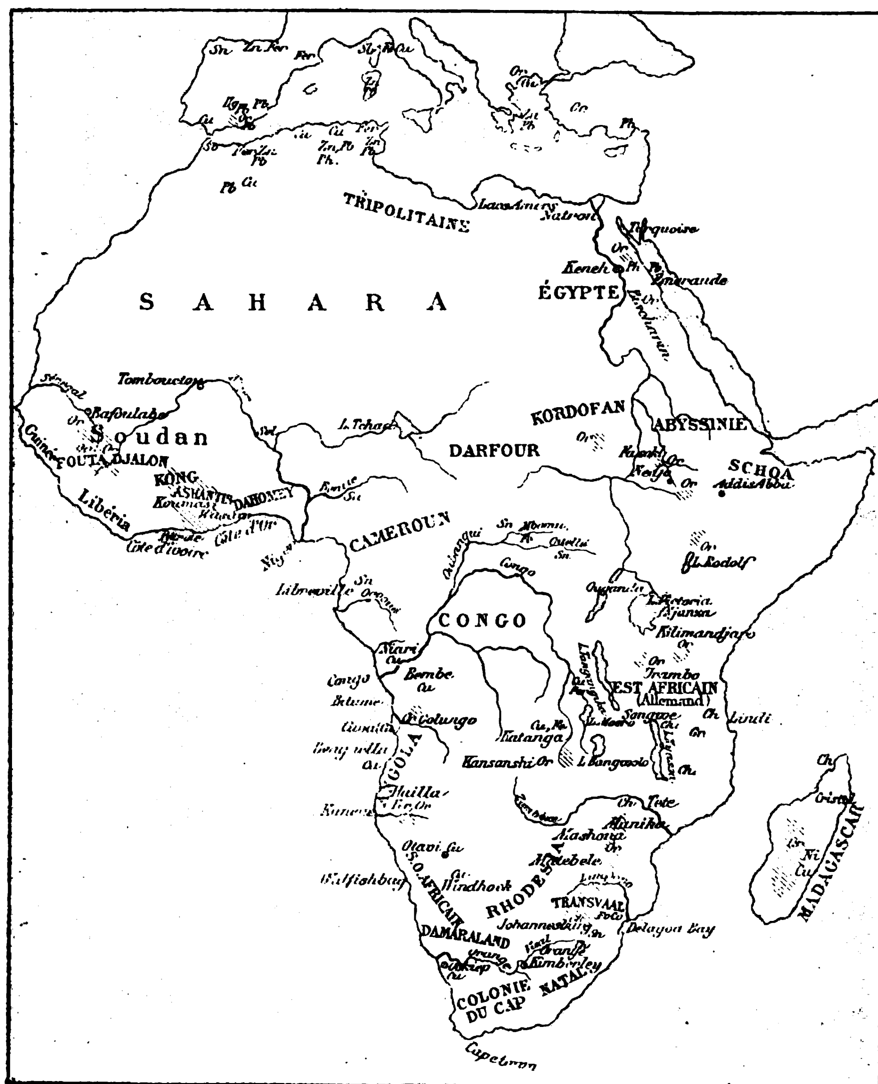


Fig. 2. — Carte des régions métallifères et spécialement des régions aurifères de l'Afrique (Les districts aurifères ont été figurés par des hachures). Échelle au 1 : 66 600 000°.

travaillant à leurs heures et suivant leur fantaisie, peuvent, en effet, très bien trouver à gagner leur vie sur un placer pauvre, satisfaits d'être

libres, soutenus en outre par l'espoir qu'ils conservent obstinément de tirer un jour, pour eux-mêmes, quelque gros lot à cette loterie des pépites, tandis qu'un entrepreneur européen, les enrôlant pour une tâche régulière, aura des frais beaucoup plus considérables et supérieurs à ses recettes. Ajoutons que ces anciens travaux indigènes, continués parfois pendant des siècles, ont souvent épuisé déjà ce qu'il pouvait y avoir de riche dans ces gisements superficiels. La conséquence, c'est que l'introduction des Européens dans le pays, au lieu d'amener un développement des travaux, en détermine parfois l'arrêt, les indigènes se détournant vers d'autres besognes plus lucratives et abandonnant les mines. L'exemple de Madagascar, entre bien d'autres, a montré la valeur de ces illusions, qui préparent et parfois provoquent les conquêtes.

Les régions, qui, pratiquement, fournissent, jusqu'ici, de l'or en Afrique, sont beaucoup moins nombreuses que ne le ferait supposer d'abord la longue liste des points où a été rencontré le précieux métal. (Voir la carte p. 23, fig. 2).

Ces régions productrices sont, avant tout, le Transvaal, et, dans le Transvaal, ce petit coin privilégié du Witwatersrand, autour de Johannesburg; puis, très accessoirement, les autres districts du même pays, tels que ceux de Barberton, Lydenburg, Murchison Range. Le Transvaal produisait, à lui seul, avant la dernière guerre contre l'Angleterre, environ 119 000 kilogrammes d'or, contre une production estimée 2 à 3 000 kilogrammes dans tout le reste de l'Afrique.

A la région aurifère du Transvaal se rattache assez directement celle de la Rhodésia (Matabele, Mashona, Manica), et de la colonie portugaise du Mozambique.

En continuant vers le Nord, on trouve la région abyssinienne, (Nedjo, Fasokl), dont la production, encore faible (626 kil. en 1898), offre quelque espoir d'augmentation dans l'avenir et, près de la Mer Rouge, les mines de l'antique Égypte (Bischarin), trop récemment reprises pour qu'on puisse encore juger de leur valeur réelle. L'autre grande tache aurifère en Afrique est celle qui comprend la Côte d'Or anglaise, le Dahomey, notre Côte d'Ivoire française et le Soudan, (royaume de Samory, Fouta Djalon, etc...) Là, également, on en est encore plutôt aux espoirs qu'aux réalisations.

Enfin, Madagascar peut passer, minéralogiquement, pour un pays un peu partout aurifère, bien qu'on n'y ait pas encore trouvé de gisements susceptibles d'une fructueuse exploitation industrielle.

La production d'or en Afrique est estimée, dans ces dernières années, par la Mineral Industry de Rothwell, aux chiffres suivants (le dollar étant compté à 5 francs, comme le fait la statistique américaine pour la production française) :

PAYS	1898		1899		1900	
	kilog.	valeur.	kilog.	valeur.	kilog.	valeur.
Transvaal . .	117 470	390 353 800	109 782	364 807 505	10 846	36 044 345
Abyssinie. . .	626	2 080 000	environ 626	2 080 000	environ 626	2 080 000
Rhodésia. . .	652	2 168 400	1 687	5 635 850	2 468	8 201 255
Soudan. . . .	84	279 150	environ 84	279 150	environ 84	279 150
Côte d'Or. . .	1 083	3 601 240	1 005	3 511 635	1 128	3 750 000
Madagascar .	98	325 550	344	1 143 110	environ 344	1 143 100
	120 013	399 808 140	113 528	377 457 250	15 496	51 497 850

En dehors de ces régions productrices, nous verrons, en parcourant la carte d'Afrique, que la présence de l'or a été signalée dans divers autres points.

Comme **types de gisements aurifères**, sans empiéter sur la description détaillée qui va être faite, on peut remarquer, dès à présent, que l'or africain se présente rarement en filons proprement dits, comme ceux de Californie par exemple. Si nous laissons de côté les placers, — qui sont de simples produits de remaniement, des alluvions récentes analogues à celles que l'on rencontre un peu partout, — ces gisements d'or rentrent dans les quatre ou cinq types principaux suivants, que j'énumère dans leur ordre de formation probable : 1° pegmatites, ou quartz de pegmatites aurifères, formant, soit des filons indépendants, soit des imprégnations de silice aurifère dans des terrains anciens, qu'elles ont métamorphisés, transformés en gneiss et en quartzites ; 2° conglomérats aurifères, du Witwatersrand, (au Transvaal) et de Takwa, (dans la Côte d'Or anglaise) ; 3° filons-couches et imprégnations plus ou moins ramifiées dans des schistes métamorphiques et schistes amphiboliques ; 4° fissures diverses dans les calcaires, incrustées de pyrites aurifères et autres filons complexes d'âge hercynien ; 5°, pour mémoire, filons tertiaires de quartz aurifère.

1° Le premier type, que l'on doit considérer, en général, comme le plus ancien, est aussi le plus mal représenté et souvent le plus problématique. Il s'agit, tantôt de pegmatites, tantôt et plus souvent de quartz aurifères dérivant de pegmatites, c'est-à-dire de filons d'or analogues aux filons habituels d'étain et pouvant ne pas renfermer de pyrites. On rattacherait à ce groupe les inclusions aurifères des gneiss et quartzites à magnétite de Madagascar, décrites par M. Lacroix et les filons d'Um-Rus, sur le bord de la mer Rouge en Égypte, qui sont signalés assez incomplètement comme des veines de quartz aurifère dans des pegmatites, traversant elles-mêmes les granites et gneiss. Peut-être également certaines associations de traces aurifères avec de l'étain, du bismuth, ou du molybdène, citées plus bas, rentrent-elles dans le même genre de formations.

2° Le type très particulier des conglomérats aurifères, dont il sera longuement question plus loin, paraît bien être une formation sédimentaire ancienne, au moins dévonienne, peut-être silurienne, où il reste seulement à se demander si l'or s'est précipité mécaniquement ou chimiquement (les deux modes paraissant avoir existé côte à côte) et s'il a été emprunté à des filons antérieurs, ou directement apporté par des eaux filoniennes dans le bassin de sédimentation. De toutes façons, ces deux premiers types (1° et 2°) seraient à considérer, par assimilation avec l'Europe, comme d'âge calédonien. Une partie du troisième groupe est peut-être dans le même cas.

3° Les filons-couches et ramifications au milieu des schistes métamorphiques présentent un facies extrêmement répandu dans toute l'Afrique, comme il l'est également dans nombre de massifs anciens, en Scandinavie, au Canada, en Grande-Bretagne, dans les zones primitives des Alpes, dans l'Est de l'Amérique du Sud, en Guyane, au Brésil, etc., etc. A ce groupe se rapportent encore diverses amphibolites aurifères, parfois qualifiées de diorites, des grès aurifères, etc., et l'on pourrait également lui rattacher des micaschistes aurifères, comme ceux de Madagascar, et des gneiss aurifères, comme ceux de l'Est-africain allemand, où l'or paraît avoir été introduit avec les autres éléments du métamorphisme. Dans ces diverses formations, l'or est associé, d'habitude, avec de la pyrite de fer, comme dans les gisements précédents; il peut également être accompagné de quelques autres métaux. C'est à ce type que se rattachent les plus nombreux, sinon les plus fructueusement exploités, des gîtes africains.

4° Les fissures minéralisées dans les calcaires constituent un type localisé dans la zone dite de la dolomie du Transvaal. On trouve, dans des fissures semblables, soit en filons-couches, soit en diaclases métallisées, un certain nombre d'autres métaux, plomb, zinc, cuivre, argent, cobalt, manganèse, etc... et l'ensemble paraît avoir bien des chances pour se rattacher à la série plutonienne, dite du Boschveld, qui vient s'intercaler entre le groupe primaire et le karoo. Ces deux derniers groupes (3° et 4°) pourraient donc correspondre, en majeure partie à une même venue aurifère hercynienne, ainsi que des filons complexes, plus directement rattachés à la même formation éruptive.

5° Enfin, je mentionne pour mémoire la possibilité que certains gisements très mal connus de l'Est de l'Afrique, soit dans la région des Grands Lacs, soit surtout en Abyssinie, dans le Soudan Égyptien et l'Est de l'Égypte appartiennent à une venue tertiaire.

Comme **associations**, l'or se trouve, de préférence, avec du quartz et de la pyrite de fer, parfois aussi avec du quartz seul, qui paraît alors pouvoir dériver de formations pegmatoïdes. Nous rencontrerons, d'autre part, un certain nombre de chalcopyrites aurifères (Malmani,

Middelburg, au Transvaal; Mashonaland, Kansanshi en Rhodésia; Namaqualand, etc...) et un niveau cuivreux aurifère au sommet de la formation dolomitique du district de Lydenburg (Transvaal). Le même pays présente, à la base de cette dolomie, un filon-couche de pyrite aurifère avec quartz, associée à du manganèse (Pilgrimsrest, Malmani). Ailleurs, nous décrirons des cobaltines et smaltines argentifères (Middelburg, etc.), parfois accompagnées de chalcopyrite et d'autres sulfures métalliques. Des filons complexes aurifères avec galène, blende, chalcopyrite, existent au Transvaal (Murchison, Letaba), en Rhodésia, etc. D'autre part, les stibines aurifères sont très développées dans le Murchison Range (Gravelotte, Freestate) et, en Rhodésia, à la mine Inez (Mashonaland). Il est intéressant également de mentionner les rapprochements de l'or avec des métaux du groupe de l'étain, tels que le bismuth à Glynn (Lydenburg), le mispickel en Rhodésia (Matabele), le molybdène au Mozambique (Masinga), ou, ainsi qu'on vient de le voir, avec des pegmatites (source ordinaire de l'étain), comme dans le district de Mazoé (Rhodésia), à Um Rus en Égypte, etc. Enfin, l'or se montre avec de la crocoïse et de la galène, en Rhodésia, dans le Manica (Penhalanga) et peut-être dans le district de Middelburg, comme à Bérézovsk, dans l'Oural. Il est à peine besoin d'ajouter que l'or brut renferme, presque partout, de l'argent.

1° RÉGION DES PLISSEMENTS DE L'ATLAS : MAROC, ALGÉRIE, TUNISIE

La région Nord de l'Afrique, celle des plissements tertiaires, qui ont affecté le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Tripolitaine, ne semble pas contenir d'or, au moins en proportions exploitables, pas plus d'ailleurs que n'en renferment la plupart des rameaux tertiaires détachés des Alpes. L'or tertiaire existe pourtant, dans le monde, le long de toute la chaîne des Montagnes Rocheuses et des Andes, en Nouvelle-Zélande, etc., et on le retrouve, en Europe même, dans les Carpathes; mais il semble qu'il ait fallu, pour le faire apparaître au jour, une érosion plus profonde que celle dont l'Atlas porte la trace. De toutes façons, il se rattache généralement à d'importantes manifestations de roches éruptives, qui n'ont pas leur équivalent dans le Nord de l'Afrique.

Au **Maroc**[1], on signale seulement des traces d'or insignifiantes et dont l'existence demanderait peut-être même à être vérifiée, comme tout ce qui se rapporte aux richesses minérales, encore hypothétiques, de ce pays si mal connu.

Gatell dit avoir trouvé un peu d'or à *Soos*. Près Idà-oo-ltilt, dans Soos, il existerait un peu d'or avec du cuivre. A *Sajil-Masah,* d'après

[1] Voir une carte du Maroc, au chapitre X.

Graberg, l'or serait en grains dans du quartz ou de la calcite. Suivant Leared, on en trouverait, dans le voisinage de *M'zodia*, sur la route de Mogador à Marrakesh (Marocco), dans trois petites collines, dite Kôdeeat Arthoos. Tout cela est extrêmement problématique, et il est probable que l'or, que l'on rencontre au Maroc, y est venu surtout du Soudan par Tombouctou.

Plus au Sud, sur la côte saharienne, entre le cap Bojador et le cap Blanco, il faut encore citer le fameux *Rio de Oro*, où les Portugais se procurèrent par échange, en 1442, un peu de poudre d'or, venant on ne sait d'où, qui leur fit croire avoir découvert un Pactole.

En **Algérie**, la notice minéralogique publiée par le service des mines, n'a trouvé à signaler aucune trace d'or [1].

En **Tunisie**, d'après une note de E. Fuchs, qui demanderait confirmation, on aurait trouvé, à *Sidi-Boussaïb*, auprès de Carthage, sur les sables de la côte, un enduit noir de fer magnétique et titané avec traces d'or. Cet or proviendrait de conglomérats foncés et ferrugineux, intercalés dans des sables, à peine agglutinés, qui forment la falaise.

2° SÉNÉGAL, SOUDAN ET GUINÉE FRANCAISE

Dans les possessions du Sénégal, du Soudan, de la Guinée, on a signalé, en divers points, des zones aurifères [2]; il est malheureusement nécessaire de dire que plusieurs des tentatives faites à cet égard ont acquis un triste renom, par suite des personnages qui y ont été mêlés, ou des escroqueries auxquelles elles ont donné lieu. Certains noms de mines, que je citerai plus loin, sont de ceux que l'on voit reparaître périodiquement, entourés d'une réclame savante, où l'on met en jeu le chauvinisme national pour faire souscrire de pauvres dupes à des émissions fantaisistes et, bien que la présence de l'or soit incontestable en plusieurs points de cette région, il en est résulté, pour ceux qui ont un peu suivi l'histoire de ces affaires, un discrédit général, peu favorable à la mise en exploitation des quelques gisements (encore à reconnaître), qui pourraient se trouver présenter une réelle valeur industrielle.

Une première zone, dont il a été trop souvent question, est celle du *Bambouk* et du *Falémé*, que l'on rencontre en remontant le Sénégal, sur un affluent de gauche de ce fleuve, dont le débouché est un peu en aval de Kayes.

[1] 1855. Dumas. *Un échantillon d'un gisement d'or découvert en Algérie* [*C. R.*, t. XL, p. 1138]. — 1902. Laurent. *L'or dans les colonies françaises. Historique, gisements, procédés d'extraction, commerce.*

[2] Je reviendrai tout à l'heure spécialement sur la Côte d'Ivoire, qui se rattache à un autre groupe de gisements : ceux de la Côte d'Or anglaise, dits Ouest-africains.

Dès 1880, il y eut, de ce côté, un premier essor de spéculation[1].

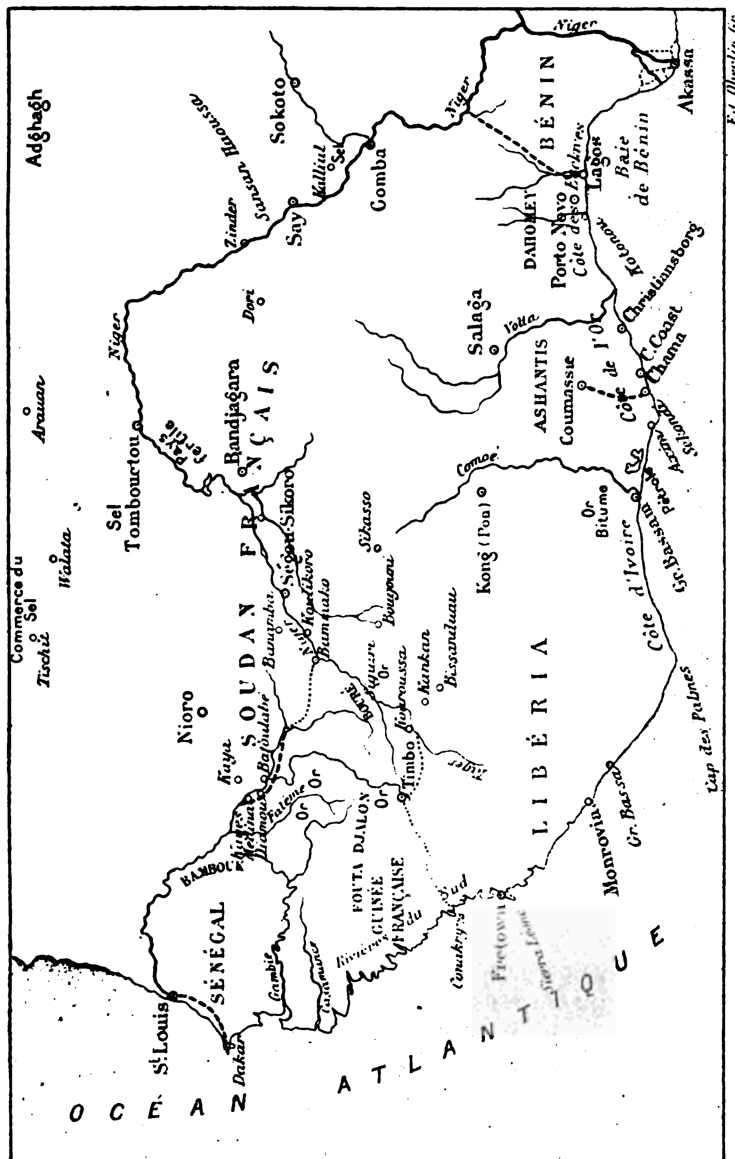


Fig. 3. — Carte des gisements aurifères du Sénégal, du Soudan et de la Guinée.

Vers 1894, on en a vu un second, à la suite de voyages d'exploration

[1] 1860. Berg. *Mines d'or du Kenieba* (Rev. algér. et colon.). — 1880. Carte géologique du bassin de la Falémé, dressée sous la direction de MM. Marc Merle-

retentissants, organisés par des Compagnies financières. Puis, tout récemment, après le temps moral nécessaire pour laisser oublier les blessures des précédentes expériences, le nom de Falémé a été de nouveau prononcé au Palais de Justice.

Il semblerait donc qu'il n'y eût qu'à passer sous silence cette région malheureuse, si je ne dressais ici un inventaire minéralogique des régions africaines.

Or, on a extrait réellement de l'or dans le Bambouk, en divers points, parmi lesquels je relève les noms de Sokoto, Mouralia, Dialafarindi, Kenieba, Kassama, Yatera. Un rapport du capitaine Mazillier, daté du 12 avril 1894, mentionne, comme exploités à ce moment par les indigènes : Duirata près Yatera, sur le flanc Est du Bambouk, à trois jours de Bafoulabé, fouillé par les gens du Diébédougou ; Binda, près Linguékoto, fouillé par les gens du Koukadougou.

En remontant le cours du *Bafing*, on a signalé de l'or vers Timbo.

Vers le Sud, en passant dans le bassin du Haut Niger et de son affluent le Tankisso, on retrouve une autre région aurifère, citée par divers voyageurs [1], mais qui, elle aussi, a eu le triste privilège d'occuper l'attention de la Justice : c'est la région du *Bouré* et du cercle de *Siguiri*, sur le Haut Niger (en amont de Bammako, où doit aboutir le prolongement du chemin de fer de Kayes à Bafoulabé).

Vraisemblablement, les alluvions aurifères reconnues dans ces diverses vallées, qui descendent, soit au Nord, soit à l'Est, du *Fouta Djalon*, doivent provenir de gisements primitifs contenus dans cette montagne et le nom de celle-ci est déjà devenu, pour quelques enthousiastes, le synonyme d'un Eldorado. Il faut toutefois remarquer que les gisements primitifs de cette zone semblent participer du type, qui est ordinaire dans toute l'Afrique : celui des imprégnations, ou même des inclusions extrêmement disséminées dans des roches cristallophylliennes et, spécialement, dans des schistes amphiboliques. Il arrive souvent que de semblables roches, très pauvres et sans valeur par elles-mêmes, mais répandues sur de vastes étendues, donnent, par leur destruction et leur préparation mécanique dans les cours d'eau, des alluvions, ayant pu offrir des quantités d'or notables. Ces alluvions elles-mêmes étant, pour la plupart, épuisées ici, on ne doit donc compter qu'avec beaucoup de réserves sur la possibilité de trouver, un jour ou l'autre, quelque veine quartzeuse aurifère, quelque filon-couche plus

NEVEU et ROBERT par M. J. FIEUX et rapport du Dr BAYOL, gouverneur de la Guinée (1885). — 1887. ELISÉE RECLUS, t. XII, p. 174, 177, 236, 263, avec carte p. 238. — 1894. CAP. MAZILLIER. *Exploration militaire du Bambouk*. — 1896. CH. PICARD. *Rapport sur les mines d'or du Bambouk* (Soudan Français). — 1896. M. BARRAT. *Les mines d'or du bassin du Sénégal* (Revue coloniale, II, 1896, p. 477-502).

[1] Voir notamment mission Woelffel (*Géographie*, 1901, p. 349).

ou moins interstratifié, susceptible de fournir une exploitation dans le genre de celles des districts excentriques du Transvaal (Lydenburg, Barberton, etc.) ou de la Rhodésia.

3° LES MINES D'OR OUEST-AFRICAINES
DISTRICT DE TAKWA[1] ET PAYS DES ASHANTIS. — COTE D'OR ANGLAISE
COTE D'IVOIRE FRANCAISE

Il est particulièrement délicat d'exprimer une opinion, même purement technique, sur un district important et donnant lieu à des spéculations considérables, quand on ne l'a pas vu et que, de tous les résultats connus, de tous les rapports publiés, il résulte simplement ce fait que la richesse du district, son exploitabilité même, ***sans être invraisemblables, restent à démontrer***; car on se trouve en présence d'un billet de loterie, qui peut sortir à la rigueur, mais qui n'est encore qu'un chiffon de papier chamarré d'illusions et, s'il sort au tirage après qu'on en a fait remarquer la valeur tout hypothétique, on doit s'attendre à être maltraité, comme le furent les premiers ingénieurs qui avaient exprimé un léger scepticisme au sujet de l'avenir du Witwatersrand, au moment de sa découverte. D'un autre côté, partir, ainsi que le font certains prospectus financiers, de cette simple remarque qu'il existe à Takwa un conglomérat aurifère, analogue d'aspect à celui du Rand, pour en conclure — sur quelques essais sommaires, dont on a eu, dans l'histoire des mines, trop d'occasions d'apprécier la valeur — que ce conglomérat vaudra celui du Rand ou le surpassera, c'est abuser, dans une mesure un peu trop forte, de la crédulité du public; passer de là, comme on l'a fait, à un calcul de règle de trois, dans lequel on apprécie la valeur des terrains de la Côte d'Or en comparant leur superficie à celle des meilleures propriétés du Rand, c'est (qu'on me permette la comparaison) raisonner à peu près comme un marchand de toiles peintes, qui prétendrait vendre en tas toutes les toiles d'un Salon annuel sur le même taux par mètre carré que les Vélasquez ou les Rembrandt.

Industriellement, le district de Takwa est encore dans l'enfance. Les travaux, exécutés depuis 1899 dans des conditions très difficiles à tous égards, sont juste suffisants pour ne pas dissiper encore les espérances conçues au début. C'est un état d'incertitude, dont on ne sera plus très long à sortir; mais, jusqu'au jour où l'expérience aura prononcé, il faut bien se rappeler que le Witwatersrand constitue un cas exceptionnel, un cas resté encore unique, bien qu'on ait déjà retrouvé, en divers autres points du monde, au Transvaal même, au Natal, au Colorado, etc.,

[1] On dit également Tarkwa, Taquah ou Tacquah. De même, Coumassie s'écrit aussi Kumassi, Kumasi, etc.

des conglomérats analogues ou semblables, aurifères sans doute mais inexploitables.

Cette observation faite, voici les principales données actuellement recueillies sur cette région, qui est tout au moins d'un très grand intérêt théorique.

Tout d'abord, l'histoire du pays n'est peut-être pas inutile à rappeler sommairement pour faire comprendre dans quelles circonstances l'attention vient d'être appelée bruyamment sur lui.

L'existence de l'or dans la Côte d'Or est, comme le nom seul du pays suffit à l'indiquer, connue depuis plusieurs siècles. Tandis que, plus à l'Ouest, la partie devenue française du littoral exportait de l'ivoire et, plus à l'Est, les côtes allemande et française (Togoland et Dahomey), des esclaves, on a exporté des possessions anglaises (d'abord portugaises, puis hollandaises) pendant quatre siècles, des quantités d'or certainement considérables, que des évaluations fantaisistes, aussi impossibles à contredire qu'à vérifier, n'hésitent pas à compter par milliards; les centaines de petits puits, creusés par les indigènes, que l'on retrouve sur la longueur des divers gisements, sont à eux seuls un indice bien certain de l'intensité qu'a présentée jadis cette exploitation et, bien que l'épuisement superficiel des gîtes, jusqu'au niveau où l'on pouvait lutter contre les eaux, ait arrêté peu à peu les travaux des noirs, il sortait encore environ 12 millions et demi d'or par an de la Côte d'Or au début de ce siècle, puis 5 millions vers 1850, enfin 2 à 3 millions de 1885 à 1900.

J'extrais d'une notice historique de G. Lock, sur la Côte d'Or[1], quelques renseignements rétrospectifs.

Dès 1382, prétend-on, des marins dieppois auraient rapporté de l'or d'Elmina (El Mina, la mine).

En 1471, deux Portugais, Joâo de Santarem et Pedro Escobar, redécouvrirent cette côte, à laquelle ils donnèrent d'abord le nom significatif de « Oro de la mina ».

Diverses relations de la fin du xv[e] siècle sont enthousiastes sur ce nouvel Eldorado. Leo Africanus raconte que le roi de Ghana possédait, attaché à son trône, un lingot d'or pesant 14 kilogrammes ; d'autres affirment que le roi de Buncatu (Bondoukou) avait un trône entièrement en or, etc.

Sous Philippe II, les Espagnols remplacèrent les portugais à Elmina; puis, au milieu du xvi[e] siècle, vinrent les Français, les Hollandais, les Danois, les Anglais (en 1664), enfin les Brandebourgeois (vers 1690).

En 1669, le voyageur Villault de Bellefond, décrivant la Guinée, déclare ne vouloir parler qu'en passant des richesses de ce pays, de

[1] *Gold, its occurrence and extraction*, p. 26.

peur de n'être pas cru, « tant ce qu'il lui a été donné de voir paraîtrait incroyable ». En 1705, Guillaume Bosman, agent de la Compagnie



Fig. 4.

générale des Indes Orientales, dans un rapport à ses directeurs, vante la richesse en or du pays, etc.

Il faut, d'ailleurs, ajouter que tous ces enthousiastes ne connaissaient des gisements aurifères que la poussière d'or apportée par les noirs à la côte. Mais cela suffit pour faire donner au pays le nom de Côte d'Or

et, suivant Sœtbeer, c'est aussi du pays de Guinée que la monnaie d'or anglaise a pris son nom.

Plus près de notre temps, les voyageurs, peu compétents en exploitation de mines, qui abordèrent l'intérieur du pays, furent surtout frappés par quelques grosses pépites, qu'ils virent ou entendirent décrire, et de nombreuses légendes se sont créées à l'occasion de ces phénomènes, qui sont loin, dans bien des cas, de signaler, autant qu'on le croirait, la présence d'un grand gisement, véritablement industriel.

Cependant la guerre de Coumassie (Koumasi), en 1873, permit aux soldats anglais de rapporter quelques échantillons de quartz aurifère, qui attirèrent l'attention en Europe. Puis, vers 1880 à 1887, il y eut un premier mouvement d'affaires assez sérieux de ce côté. L'ouvrage de Lock sur l'or, paru en 1882, parle déjà avec quelques détails (plus de 6 pages) du district de « Tacquah (Wassaw)[1] ».

Surtout à partir de 1887, quelques Compagnies se formèrent et l'on exploita des alluvions aurifères dans la région côtière, à Apollonia, à Kinkham Bambo, à l'Ouest d'Axim. Un Français, Bonnat, avait, dès 1878, reconnu, en remontant la rivière Ankobra, dans le royaume de Wassaw, le district, devenu fameux, de Takwa, et constitué, avec un autre Français, M. Vérillon, la première Société, qui, dans son infortune, fut suivie par quelques autres.

Jusqu'en 1898, il n'y eut, dans ce district de Takwa, que deux mines en exploitation, dont les travaux sont, il faut bien le remarquer, encore aujourd'hui, avec quelques sondages voisins, le seul fondement sérieux, sur lequel on échafaude les spéculations.

Ces deux mines sont l'Adja Bippo (Cie Wassau), qui, de 1882 à 1898, a broyé 50 000 tonnes pour obtenir 4 445 000 francs d'or, soit 89 francs d'or par tonne (sans traitement chimique des résidus) et la mine Taquah, de la Compagnie Taquah and Abosso, qui, dans les mêmes conditions, de 1892 à 1898, a broyé 28 000 tonnes pour obtenir 2 052 000 francs d'or, ou 73 francs par tonne. On ne doit pas oublier que ces broyages, faits en petit avec des pilons légers de 300 à 400 livres anglaises au lieu de 1 200, ont nécessairement dû porter sur des minerais particulièrement triés, donc notablement plus riches que ceux auxquels on aura sans doute affaire en moyenne, dans l'avenir.

Malgré ces chiffres encourageants, malgré les caractères du gisement de Takwa, formé d'un conglomérat analogue à celui du Rand, ce district, — situé dans un pays tellement insalubre qu'on l'a surnommé

[1] Voir : CHAPER. *Côte d'Or (Assinie)*, (1885. Bul. Soc. géol., t. XIV, p. 105). — G. MACDONALD. *The Gold Coast Past and Present*, chez Longman's, Londres. — Mai 1901. H. DUPONT. *Les gisements aurifères de la Côte d'Or d'Afrique*, 64 p. avec carte. — Publications financières diverses : *Économiste français*, *Revue Sud-Africaine*, etc.

le tombeau du Blanc, au milieu de forêts vierges absolument impraticables, où tous les transports devaient se faire à dos d'homme et où un sentier, frayé à coups de hache, se referme en quelques jours comme par magie, — n'avait pris aucun développement jusqu'en 1899 il serait sans doute resté longtemps dans le même marasme, si le prolongement de la guerre du Transvaal n'avait forcé les spéculateurs en valeurs aurifères à chercher ailleurs un autre champ d'activité et si le ministre anglais Chamberlain, tenant peut-être un juste compte de ce besoin, (quoiqu'il déclarât ne pas désirer *boomer* les valeurs Ouest-africaines), n'avait fait, en mars 1899, une déclaration sensationnelle sur la richesse de cette colonie devant la Chambre des Communes.

Les résultats défavorables d'expertises, opérées à ce moment, pour de très grosses maisons financières, par des ingénieurs impartiaux, [1] n'arrêtèrent qu'un moment le *boom*, habilement lancé et, dans ce coin de la Bourse, qu'on a appelé assez justement le *marché de la jungle*, (à cause des jungles où se trouvent les mines), la spéculation prit aussitôt son essor avec une intensité, dont on aura une idée par ce fait que, dans le seul mois de décembre 1900, il se constitua, d'après le *Financial News* 57 Compagnies Ouest-africaines, au capital autorisé de 150 millions. En trois ans, c'est au moins 2 ou 300 Sociétés, qui ont bourgeonné sur ce coin de terre et, rien qu'en additionnant les 70 ou 75 principales, dont la cote figure chaque jour dans les journaux spéciaux, on trouve déjà un capital nominal de 3 milliards et demi.

Si l'on ajoute que, pour certaines Sociétés, on a réussi à faire monter les cours de 1 livre à 15 ou 20 et, pour d'autres, à 5 ou 10 (37 pour la Gold Coast Agency ; 35 pour l'Akinassi Syndicate, en février 1901), on se rendra compte de l'ampleur du mouvement, qui fut naturellement suivi du krach inévitable, lorsque, vers le mois de novembre 1901, on vit la possibilité de « refaire des affaires » sur le marché du Transvaal. Les mauvais résultats de broyages arrivant, comme toujours, au moment opportun, les cours dégringolèrent de moitié en quelques jours. Ce sont choses auxquelles on est, d'ailleurs, suffisamment habitué avec les mines d'or pour n'en concevoir aucun étonnement et ceux-là mêmes, qui ont perdu à ce jeu, ne s'en émeuvent pas trop, mais rentrent volontiers dans ces valeurs à cascades, avec l'espoir de « réaliser » plus à propos la prochaine fois.

Pendant ce temps, on travaille activement aux mines ; on travaille au chemin de fer, qui a dépassé déjà Takwa et atteindra Coumassie, la capitale des Ashantis, vers la fin de 1902 ; sur les gros capitaux desti-

[1] Ces ingénieurs, parmi lesquels je crois pouvoir nommer M. Weill, envoyé par la maison Rothschild, avaient eu naturellement connaissance des résultats obtenus dans les broyages de la Taquah et de la Wassau, broyages qui restent toujours à peu près le seul fondement solide de la spéculation actuelle.

nés aux mines, il en est une partie, qui ne s'est pas tout à fait égarée sur le trajet de Londres à Coumassie et le résultat de cet énorme effort, dans un pays où la présence de l'or est indiscutable, sera, sans doute, de faire découvrir quelques beaux gisements encore ignorés, les seuls dont on se souviendra plus tard, en oubliant vite la ruine de toutes les entreprises jumelles.

Les gisements de la Côte d'Or comprennent trois types principaux : 1° filons ; 2° conglomérats et grès analogues à ceux du Witwatersrand; 3° alluvions récentes. Bien que l'attention ait été surtout attirée sur les conglomérats, dont la ressemblance plus ou moins exacte avec les formations de Johannesburg est de nature à enflammer les imaginations, je commencerai par les filons, qui, logiquement, doivent être considérés comme le type le plus ancien.

Ces filons se trouvent loin de la côte, près de Coumassie, dans le pays des Ashantis, en une région malsaine, d'accès très difficile [1], habitée par une population, dont la dernière révolte en 1901 a mis en lumière le caractère belliqueux. Aussi leur commencement de développement date-t-il seulement de l'époque où l'on a décidément entrepris le prolongement, vers Coumassie, de la voie ferrée qui relie déjà Sekondi à Takwa, c'est-à-dire de la fin de 1899.

Le pays étant couvert d'une végétation inextricable, qu'il faut d'abord enlever avec grand'peine avant de songer à voir le sous-sol, on ne doit pas s'étonner si la connaissance des gisements est encore singulièrement incomplète.

Parmi les groupes s'occupant de cette région, le principal est l'*Ashanti Goldfields Corp.*, qui a foré, depuis 1899, 2 ou 3000 mètres de galeries dans les mines de Sansu, Obuassi, Côte d'Or, Ayeinm, rivière Jun et a déjà installé, sur ces divers travaux, 200 à 250 pilons légers. Il s'agit là de veines de quartz aurifère, probablement pyriteuses en profondeur et plus ou moins irrégulières comme tous les filons du même genre, sur lesquelles les indigènes avaient fait des milliers de puits, qui, amenant l'introduction des eaux superficielles aux affleurements, forcent à ne commencer l'exploitation qu'à une certaine profondeur. Dans ces conditions, le résultat du broyage de quelques milliers de tonnes, recueillies on ne sait comment dans les travaux préparatoires [2],

[1] A l'assemblée du 20 déc. 1901, de l'Ashanti Goldfields, le président (d'ailleurs très optimiste) a qualifié la difficulté des transports de « formidable ». Quant à la salubrité, sur laquelle on cherche actuellement à se faire des illusions. elle se trouve qualifiée par le fait, mentionné dans le même discours, que trois conducteurs se sont succédés en peu de temps à la tête des travaux du chemin de fer, dont le premier est parti malade et le second est mort, Le port de Sekondi est lui-même d'un accès très difficile.

[2] Il est bon, pour se faire une idée de la confiance à avoir dans les résultats (bons ou mauvais) obtenus ou annoncés par les directeurs de mines anglais, de lire sim-

n'a que peu de signification et je donne seulement, pour fixer les idées, les chiffres annoncés à l'*Ashanti Sansu* pour les rendements de novembre 1901 : 495 onces pour 850 tonnes; décembre : 390 onces pour 550 tonnes; semestre de janvier à juin 1902 : 4110 onces pour 3776 tonnes, ou 21 dwt, 8 ($33^{gr},8$) par tonne. Les rendements des affleurements sont annoncés comme variant de 1/2 once à 3/4 d'once à la tonne. Les trois mines d'Obuassi, Côte d'Or et Ayeinm ont donné 23 460 onces d'or, (729 kilos), à raison de 48 grammes par tonne (14 800 tonnes broyées)[1].

Les mines de conglomérat de Takwa, situées à 64 kilomètres de la côte (port de Sekondi) et à environ 200 mètres d'altitude, paraissent d'un intérêt plus immédiat que les mines de quartz. Il est difficile, d'après des renseignements très sommaires et d'origine souvent suspecte, d'apprécier exactement ce que sont ces conglomérats et d'être même tout à fait assuré qu'il s'agit de conglomérats primaires comme ceux du Transvaal et non de simples alluvions récentes recimentées, comme il en existe en Californie, à Madagascar, etc., etc. Naturellement, les promoteurs des affaires n'hésitent pas pour la première hypothèse, qui semble, en effet, je dois le dire, la plus plausible. On a là des bancs formés de galets de quartz stérile plus ou moins volumineux, reliés par un ciment ferrugineux, où la pyrite n'apparait pas, comme cela arrive toujours jusqu'à une certaine profondeur, par suite de l'oxydation météorique, mais où elle a dû exister et apporter l'or, qui s'est isolé dans son altération et peut-être concentré, suivant une loi très ordinaire.

Ces bancs de conglomérats, alternant avec des grès, présentent, dans l'ensemble une direction N. 40° E. avec prolongement Nord, reconnue en gros sur une vingtaine de kilomètres de long. Ils sont loin de présenter la régularité de ceux du Main Reef, au Witwatersrand, et se rapprocheraient plutôt de ceux qu'on a rencontrés au Transvaal dans quelques reefs secondaires, comme le Battery reef, le Kimberley reef, le reef de Rip, etc.

La moyenne des essais faits par la mission Rothschild en 1899 n'avait donné, si je ne me trompe, que 3 ou 4 dwt par tonnes (5 à 6 gr.); les

plement la correspondance du directeur de l'Ashanti Sansu, publiée en décembre 1901 par l'Ashanti Goldfields. Dans ces lettres, écrites au moment où un mauvais broyage annoncé affolait la spéculation, le directeur en question prie de placer pour lui, une forte somme en actions de sa mine, quand elles auront baissé au-dessous de... et les administrateurs publient candidement cette lettre, où eux et leur public ordinaire veulent voir seulement la preuve que ce directeur a confiance dans son entreprise.

[1] L'once (oz) de 20 pennyweights (dwt) vaut $31^{gr},103$. Le pennyweight (dwt) vaut $1^{gr},55$ et se divise en 24 grains (grs) de $0^{gr},064$. Le mot *reef* est employé improprement pour banc ou couche aurifère.

deux seules mines, où l'on est descendu à 80 mètres de profondeur[1] avec une exploitation qui date déjà d'une dizaine d'années, l'Adja Bippo et la Taquah, distantes de 9 à 10 kilomètres, ont donné environ 22 dwt (34 gr.). Un fait assez particulier est la présence de lits de fer titané très abondants, en stratification fluviatile, à la mine Adjah Bippo et dans le sondage A, voisin, dont il va être question; la couche aurifère, d'environ un mètre, repose sur un banc quartzeux d'à peu près $0^m,60$; dans le sondage B, le reef rencontré n'avait que $0^m,20$; dans le sondage C, $0^m,45$. Au fond de la mine Adjah Bippo, on estime l'épaisseur utile à 0,52. La jungle épaisse et malsaine, qui couvre tout le pays, n'a permis, ni de se former une notion d'âge précise, ni d'apercevoir les terrains ou les roches, avec lesquels la venue aurifère pourrait être en relation.

Ce sont ces conglomérats, sur lesquels, à la suite de l'exploration Bonnat en 1878, on a commencé, en 1882, les travaux de l'Adja Bippo (Cie Wassau) et, en 1892, ceux de la Taquah. L'ingénieur Stanley Clay, venant du Transvaal et envoyé par les Consolidated Goldfields of S. A., les ayant visités en 1899 et ayant fourni un rapport favorable, cette Société constitua une filiale, la Gold Coast Agency, qui a fait, en 1901, au voisinage des mines exploitées, trois sondages A, B, C : le premier et le troisième obliques à 45°, le second vertical.

Ces sondages ont recoupé la couche vers 200 mètres de profondeur et montré qu'elle se continuait, avec une pente de 50 à 80°, en restant aurifère[2]. On a alors commencé, près du point A, un puits vertical, qui doit rencontrer la couche vers 600 mètres de profondeur et dont le résultat est impatiemment attendu, puisqu'il doit donner la première notion réellement sérieuse sur l'exploitabilité en grand du gîte.

En dehors de ce groupe, qui occupe surtout la partie Est des gisements, il s'en est, comme je l'ai dit déjà, constitué un très grand nombre d'autres. Je citerai seulement, par ordre alphabétique : les *trusts* de la British Gold Coast Company, de la Fanti Corporation et de la Fanti Consol. (mines Abbontiakoon, Effuenta, Fanti), Gold Coast Agency, Gold Coast deep level, Gold Coast Investment, Gold Coast Pioneer, Taquah and Abosso, (autrefois propriétaire de l'Abosso, réduite aujourd'hui à la Taquah[3]) et, de l'Est à l'Ouest, les mines

[1] Les indigènes n'ont guère dépassé 30 mètres.

[2] Ayant rencontré, un peu au Nord des affleurements de conglomérat, une pente inverse, on en a immédiatement conclu à l'existence d'un synclinal aurifère continu dans tout l'intervalle.

[3] Suivant l'habitude des groupes financiers qui s'occupent de mines d'or, ce ne sont que reconstitutions, groupements, divisions, formation de filiales, ventes partielles, opérations compliquées, etc., au milieu desquelles il devient bientôt difficile de se reconnaître, mais où il reste toujours quelque bénéfice immédiat pour les promoteurs.

suivantes, dont on trouvera l'emplacement sur une petite carte (fig. 4, p. 33) : Gold Coast Amalg. ; terrains de la Wassau, explorés (avec option) par la Gold Coast Agency ; mines Adja Bippo, déjà exploitées ; Abosso, Fanti, Abbontiakon, (où l'on a obtenu environ 28gr par tonne dans les premiers essais), Taquah (ou Takwa), Effuenta, etc.

Aux sondages déjà mentionnés sont venus s'ajouter : sur l'Abbontiakoon, les sondages 2 et 4, ayant recoupé : l'un, à 100 mètres de profondeur, le reef épais dé 1,80 m. ; le second, à 113 mètres, le reef épais de 0,60 : dans les deux cas, avec des teneurs faibles ; puis les trois sondages de l'Effuenta, ayant abouti : le premier à 300 mètres de la surface, le second à 63, le troisième à 159. Les résultats du premier sondage ont été seuls publiés, ils étaient environ de 8 dwt (12gr,4).

Quant aux alluvions récentes, qui forment, dans les conditions ordinaires, de petites poches superficielles, pour la plus grande partie déjà épuisées par les indigènes, il n'y a pas lieu de nous y arrêter.

Côte d'Ivoire. — Les résultats fructueux, obtenus dans les spéculations relatives aux gisements d'or de la Côte d'Or anglaise, ont naturellement donné l'idée d'inciter des actionnaires français, avec les arguments patriotiques que l'on devine, à rechercher le prolongement de la zone aurifère sur la Côte d'Ivoire française et à mettre en valeur les gisements d'alluvions, signalés vers 1887 par Binger. D'où, à la fin de 1901, l'éclosion de Sociétés, relatives à ce qu'on a apppelé une nouvelle Californie.

Le colonel Binger, dans son voyage du Niger au golfe de Guinée[1], signalait, en effet, avec enthousiasme, l'abondance de l'or dans le bassin du Comoë :

« L'or y est très abondant, disait-il ; il y a des gisements aurifères exploités par les indigènes dans tout le bassin du Comoë et de la Volta. Sans vouloir préciser, je pense qu'il n'existe pas, dans le monde entier, de pays où l'on rencontre autant de poudre d'or et de pépites entre les mains d'indigènes[2]. »

Cette zone aurifère, d'après Pelatan[3], partirait de la frontière anglaise, traverserait l'*Indénié*, la rivière *Comoë* et gagnerait les savanes du *Baoulé*[4], sur le Haut-Cavally.

Voici quelques centres d'extraction signalés par Binger, où il a vu

[1] Tome II. p. 346.

[2] Cette production indigène aurait été, d'après les statistiques officielles (très erronées, comme tous les documents du même genre), de 918 000 francs en 1896, 480 000 francs en 1899.

[3] *Rev. univ. des Mines.*

[4] Il s'est constitué une Société « Baoulé Cons. Mines ».

les indigènes extraire de l'or : ***Boundoukou*** (entre le pays des Ashantis et le Comoé) ***Sapia***, ***Zaranou***, ***Pirikrou***, ***Benzi***, ***Zanzanso***, ***Adoukassikrou***, la rivière ***Mezan***, ***Beboum***, ***Azirikou***[1].

On peut ajouter la région du *Sanwi*, près des rivières Bia et Songan, où l'on a signalé, en 1901, un banc de conglomérat N. E.-S. O, parallèle à celui de Takwa.

Plus au Nord, des documents un peu vagues, parmi lesquels les voyages de Mungo-Park et de Burton, signalent la région au Nord et au Sud de *Kong*, comme ayant exporté de l'or en Europe pendant des siècles[2].

D'après un article récent du *Mining Journal*, les principales régions aurifères seraient : le haut *Comoë*, ou *Coumvoë*, entre Alépé et Malamalosso; puis *Attié*, dans le district de Grand Bassam; *Kokombo*, où il existe des mines indigènes, etc.

Les exportations d'or n'ont fait que diminuer depuis quelques années :

1895	1896	1897	1898	1899	1900
211kg,902	296kg,224	159kg,700	101kg,017	33kg,408	8kg,078

4° CAMEROUN. CONGO. ANGOLA. AFRIQUE OCCIDENTALE ALLEMANDE

En continuant à suivre la côte Ouest d'Afrique, nous trouvons, au delà de la Côte d'Or et du delta du Niger, les possessions allemandes du Cameroun.

Cameroun. — Dans cette colonie, on n'a pas, jusqu'ici, rencontré d'or. On s'est contenté[3] de remarquer, dans l'Adamoua, (c'est-à-dire la partie septentrionale du Cameroun, dans la direction du lac Tchad) l'existence de schistes, phyllites, amphibolites, avec diabases, etc., analogues à ceux qui renferment de l'or dans diverses régions africaines (?)

Congo. — Ni dans le *Congo français*, ni dans le *Congo belge*, je ne sache pas non plus que l'on ait signalé, nulle part, jusqu'ici, de l'or, sauf dans les monts de Cristal et sur le cours du Como, où M. Brousseau a retrouvé quelques indications aurifères (1896).

[1] En 1902, M. de la Jonquière Bessières a rapporté, paraît-il, d'Aloso sur le Comoé, un peu au nord d'Alépé, c'est-à-dire à proximité de la mer, des échantillons de quartz ferrugineux aurifères.

[2] *Zeits. für praktische Geologie*, 1899, p. 374 : cf. 1902, p. 202.

[3] Dr Passarge. (*Deutsche Colonial Zeitung*, 1889, p. 21.)

D'après cet explorateur [1], on pourrait faire des batées d'or très faibles au village de Matchi.

Mais, en passant du bassin du Congo, dans le versant de l'Océan Indien, pour descendre vers le Zambèze, on entre dans une autre région, qui, elle au contraire, contient, en divers points, des gisements aurifères, ou du moins des traces d'or appréciables, dont j'aurai à reparler ultérieurement, dans le pays des Barotse, la Rhodésia, etc.

Le plus septentrional et le plus récemment reconnu de ces gisements est celui de *Kansanshi*, dans le Garanganja, presque dans la même région que le Katanga; mais ces gisements se multiplient, comme nous le verrons, quand on a passé le Zambèze, dans le Mashonaland, le Matabeleland, c'est-à-dire dans ce que l'on appelle la Rhodésia, ou dans la portion contiguë du Mozambique.

Angola. — Dans la colonie portugaise de l'Angola, on a signalé, depuis longtemps, de l'or. Le pays est relativement salubre ; mais les pluies forcent à interrompre tout travail, au moins du 16 février au 15 mai et du 1er octobre au 1er décembre.

En 1885, une Société française s'était constituée pour exploiter les alluvions aurifères du *Rio Lombigo* [2], dans le district de *Golungo Alto*, à l'est de Loanda. La rivière actuelle coule sur des schistes anciens, paraissant contenir des veines de pyrite aurifère. Sur les dix premiers kilomètres de son parcours, elle traverse un marécage; mais vers Gongolac, on a des graviers aurifères, recouverts par environ 5 mètres de terrain stérile et contenant surtout de l'or sur les cinq centimètres de la base. Il existe également un peu d'or sur un affluent de gauche du Lombigo, le *R. Calumbo* (Mina Massanga Monza).

J'ignore ce qu'est devenue cette entreprise, qui aura probablement sombré comme tant d'autres.

Vers *Huilla*, à la hauteur de Mossamedes, on mentionne également de l'or et du fer.

Enfin, en 1899 [3], on a retrouvé de l'or, plus au Sud, près de la frontière allemande, dans les sables de l'*Okachitanda*, un affluent de gauche du *Kunéné*, qui coule à travers des granites avec filons de quartz.

[1] Brousseau. *Notes sur la géologie du Gabon et des Monts de Cristal* (Géographie. 1901 ; p. 524 à 526); cf. G. Brousseau. *Géologie du Dahomey* (Géographie 15 janvier 1902, p. 7).

[2] Ce Rio Lombigo est un affluent de droite du Rio Bengo, qui lui-même se jette à la Barra de Bengo, un peu au Nord de Loanda (entre le R. Quanza au Sud et le R. Dande au Nord).

Cette compagnie des mines d'or de Lombigo s'était formée pour exploiter une concession accordée à Salom Bensaude et explorée sous la direction de John Taylor and Sons. Il existe, à son sujet, un rapport de M. Salles Ferreira.

[3] *Géogr.*, 1900, p. 309.

Afrique occidentale allemande[1]. — On a annoncé récemment avoir trouvé une zone minéralisée, contenant or, argent, cuivre et plomb à 650 kilomètres Est de Walfisbay.

L'*Anglo-german West Africa Cy* s'occupe de l'explorer. Nous verrons plus loin, au chapitre du cuivre, ce qu'il faut retenir de la plupart des informations relatives à cette région.

D'après M. Gürich, l'or serait assez fréquent, mais seulement en quantités inexploitables, dans le Nord du protectorat (pays d'*Herero*), soit dans les gisements de cuivre (Ussab, Pot-Mine, Mont Khuos), soit en filons quartzeux avec du bismuth (Ussis). Non seulement, les alluvions aurifères, mais même, plus généralement, les grandes masses d'alluvions quelconques semblent faire défaut : ce qui laisse peu d'espoir de trouver des placers considérables.

5° MINES D'OR DU TRANSVAAL. — WITWATERSRAND ET DISTRICTS DE KLERKSDORP ET HEIDELBERG. — DISTRICTS DE BARBERTON OU DE KAAP, DE LYDENBURG, DU MURCHISON RANGE.

Les mines d'or du Transvaal, et spécialement celles du Witwatersrand, sont évidemment le morceau essentiel de la richesse minérale africaine et, si mes descriptions devaient être uniquement proportionnelles à la valeur des gisements, je serais conduit à leur consacrer la presque totalité de ce volume. J'en parlerai, au contraire, assez brièvement, en me bornant aux généralités, et je suppose que le lecteur ne s'en montrera pas trop surpris ; car ces gisements constituent un sujet spécial, qui a été compendieusement traité ailleurs ; moi-même, je lui ai consacré tout un ouvrage[2] et, quoique plus de six ans déjà se soient

[1] 1889. Dr G. Gürich. *Die wissenschaftliche Bestimmung der Goldfundstellen in Deutsch. Sudwest Afrika* (Zeitschr. d. D. geol. Ges., 1889, p. 569). — 1896. Stromer von Reichenbach. *Die Geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika*, avec bibliogr., p. 155.

[2] *Les mines d'or du Transvaal*, 1 vol. in-8° de 540 p., chez Baudry, 1896.

Les mines d'or du Transvaal ont donné lieu, dans ces derniers temps, à de telles quantités de publications qu'il ne saurait être question ici de les mentionner toutes. Je renvoie aux deux bibliographies insérées, dans mon ouvrage sur les mines et dans celui de M. Molengraaff sur la géologie de la République Sud-Africaine (*Bull. Soc. Géol.* 1901). D'autres articles seront mentionnés au cours de la description qui va suivre. Voici, en outre, quelques indications de publications récentes : Draper. *Notes on the geology of South Eastern Africa* (quart. Journ. geol. Soc., 1894, p. 548 à 559, pl. XXII). — Sawyer. *Remarks on the Banket formation at Johannesburg* (Feder. Inst. of mining Eng., 1894, p. 360 à 367). — *Transactions of the geological society of South Africa*, depuis 1896 inclus. — Krause. *Uber den Einfluss der Eruptivgesteine auf die Erzführung der Witwatersrand Conglomerate und der im dolomitischen Kalkgebirge von Lydenburg auftretenden Quartzflötze, nebst einer kurzen Schilderung der Gruben Bezirke von Pilgrimsrest und de Kaap* (Zeits. für prakt. Geol., 1897, 12 à 25). — A. Wendeborn. *Störungen der Schichten zwischen Pretoria und Vereeniging im Transvaal und die daraus resultirenden Schlüsse über*

écoulés depuis ma visite au Witwatersrand, la période de troubles, qui a commencé presque aussitôt après et qui, pendant les trois dernières années, a pris la forme d'une guerre acharnée, en paralysant l'essor logique et prévu de l'industrie aurifère, a empêché mon travail de vieillir aussi vite qu'il aurait dû. La seule constatation un peu nouvelle, qui ait été faite, celle de l'exploitabilité fructueuse de cette première rangée de deep levels qu'on appelle les Rand Mines et probablement même de la seconde rangée située plus au Sud, n'a fait que confirmer mes prévisions et, quant aux hypothèses, qui m'avaient conduit à supposer des découvertes futures dans les régions encore vierges de l'Est du Rand, les présomptions semblent plutôt s'accentuer en leur faveur que leur donner un démenti.

La connaissance géologique du Transvaal a réalisé, pendant cette période, grâce surtout à M. Molengraaff, des progrès notables. De ces vues théoriques, il peut résulter quelques conséquences pratiques intéressantes; aussi, crois-je utile de résumer sommairement l'état actuel de la question, sans entrer pourtant dans des détails qui seraient hors de propos.

Géologie du Transvaal. — Généralités. — La constitution géologique de l'Afrique du Sud est, j'ai déjà eu l'occasion de le dire dans l'introduction [1], très simple et peut s'exposer en très peu de mots.

Il suffit d'imaginer un ensemble de terrains cristallophylliens et de terrains primaires métamorphiques, généralement dépourvus de fossiles et, par conséquent, d'âge indéterminé, mais renfermant néanmoins, en quelques points, comme terme supérieur, du carbonifère incontestable. Ce système primitif a subi, pendant la période primaire, et, probablement encore, à l'époque carbonifère, des plissements, à la suite desquels toute la masse du continent africain est restée émergée, comme l'étaient également, à l'Est et à l'Ouest, les deux massifs homologues, plissés en même temps, de l'Inde et du Brésil. Puis a commencé une période d'érosion continentale, de dénudation, pendant laquelle des dépôts lacustres ont, sur toute l'étendue de l'Afrique, couvert de vastes superficies : période ayant duré du permien à l'infralias. Ce genre de dépôts lacustres, importants par les couches de combus-

den Verbleib der goldhaltigen Conglomerate (Zeits. für prakt. Geol., 1897, 305 à 311). — Léon Demaret. *Étude tech. sur les mines d'or du Witwaters* (Ann. d. M. de Belg. 1897, t. II). — Ahrens. *Die Goldindustrie der S. A. Rep* (Sammlung chemischer Vorträge, Stuttgart, 1897), — Becker. *The Witwatersrand banket* (Washington). (Résumé dans *Zeits. für pr. Geol.* 1898, 212). — Albrecht Wirth. *Geschichte Südafrikas* (Bonn. Carl Georgi, 1897, 156). — A. Bordeaux. *Le Murchison Range et ses champs aurifères* (Ann. des mines, 1898, 9e, t. XIV, p. 95). — A. Bordeaux. *Les Mines de l'Afrique du Sud* (1 vol. chez Dunod).

[1] Pages 9 et suivantes.

tible qu'ils renferment, présentent, ainsi que nous l'avons vu dès le début de cet ouvrage, ce caractère remarquable d'être restés horizontaux, comme un manteau démantelé par l'érosion, au-dessus des terrains primaires, qu'ils recouvrent en discordance absolue. Ce sont, d'abord, à la base, des poudingues, puis des grès, schistes et lignites, constituant ce qu'on appelle les couches du Karoo. Enfin, à partir de l'époque crétacée, des dislocations et des effondrements se sont produits le long des côtes africaines, mais n'ont eu leur contre-coup dans l'intérieur du pays qu'au Nord du Zambèze, c'est-à-dire au delà de la région qui nous occupe en ce moment.

J'ai déjà fait remarquer à quel point cette histoire rappelait celle de notre chaîne hercynienne d'Europe et, notamment, celle du Plateau Central français, où l'on retrouve, de même, un massif primaire plissé et émergé après le carbonifère, puis des dépôts permo-triasiques à peu près horizontaux mais plus localisés qu'en Afrique, enfin des accidents de dislocation tertiaires à allures d'effondrements linéaires, qui, eux au contraire, ont eu, en Auvergne, une extension, à laquelle rien ne correspond en Afrique du Sud.

Dans cet ensemble, sont venues s'intercaler trois séries éruptives principales, toujours à peu près analogues à celles d'Europe : d'abord, une série primaire, sur laquelle je vais revenir à cause de sa relation probable avec les gisements d'or ; puis une série éruptive contemporaine des divers termes du Karoo, principalement marquée par des porphyrites, diabases ophitiques, mélaphyres et péridotites diamantifères ; enfin une série de roches tertiaires, localisée au Nord du Zambèze, et continuée par les volcans de la région des lacs ou de l'Abyssinie.

Un fait essentiel, dont j'ai précédemment signalé la généralité en Afrique, mais dont le rôle est marqué dans le Sud du continent, est l'érosion énorme que cet immense plateau paraît avoir subie, depuis une émersion, qui remonte, nous venons de le voir, au carbonifère. Cette érosion avait déjà eu le temps de préparer le nivellement du sol, quand les conglomérats, par lesquels le Karoo débute comme tous les remplissages lacustres, en ont comblé les dernières dépressions. Depuis cette époque, aucun plissement plus récent n'étant venu (ainsi que dans les Alpes, par exemple), faire surgir de nouvelles couches profondes, les saillies n'ont pu que continuer à s'effacer progressivement, et il en résulte que les régions de l'écorce, accessibles à nos observations et à nos travaux de mines, en Afrique Australe, celles où nous observons des gites métallifères, ont des chances pour s'être trouvées jadis à une profondeur de plusieurs centaines, peut-être de plusieurs milliers de mètres au-dessous de la superficie. Nous aurons à nous en souvenir quand nous essayerons d'interpréter la genèse de ces gisements.

Si nous revenons maintenant sur la coupe plus détaillée de la série



Série de Barberton et Hospital Hill



Roches amygdaloïdes



Série des dolomies

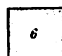


Norite



Granite ancien


Série du Blackreef



Série de Pretoria



Granite rouge du Boschveld

Fig. 5. — Carte géologique de la région du Witwatersrand, d'après M. Molengraaff.

Échelle au 1 : 1,500,000e. — Altitudes en mètres. — On a laissé en blanc les terrains du Karoo. — 12 : Conglomérat de Dwycka ; 13 : Schistes d'Ecca ; 14 : Grès, schistes et houille du Hoogeveld.

ancienne, qui est précisément la série aurifère, elle comprend, en adoptant la théorie de M. Molengraaff (malgré les quelques objections auxquelles celle-ci peut donner lieu), les termes suivants, de haut en bas[1] :

SYSTÈME DU CAP . .

11. *Roches amygdaloïdes du Boschveld* (âge douteux).
10. *Grès du Waterberg.* Diabases.
9, 8, 7. *Série plutonienne du Boschveld* (9 roches porphyroïdes; 8 granite rouge; syénite à éléolite et à anorthose; 7 norite à magnétite).
6. *Série de Pretoria* — Argilites, quartzites et diabases.
5. *Série des dolomies* (dolomies et silex).
4. *Série du Blackreef* (grès, quartzites, schistes et conglomérats) (niveau de la montagne de la Table, au Cap).

SYSTÈME PRIMAIRE. .

3. *Roches amygdaloïdes du Witwatersrand* (porphyrites, diabases, etc.).
2, *Granite ancien.*
1. *Série aurifère de Barberton, ou de Hospital-Hill et du Witwatersrand* (schistes, quartzites, grès à séricite, conglomérats, etc.)

Cet ordre de succession, admis par M. Molengraaff, est celui que je vais suivre dans la description (en allant des terrains les plus anciens aux plus récents) ; mais il ne faut pas oublier que *pas un seul fossile n'a encore été trouvé dans toute la hauteur de cet ensemble ;* en sorte que l'on est obligé de se fier aux seules relations stratigraphiques, ou aux similitudes pétrographiques à grande distance : ce dont l'étude, même sommaire, de n'importe laquelle de nos chaînes plissées européennes, avec ses renversements, ses chevauchements, ses failles, etc., suffit à montrer le danger. Il reste donc, dans cette coupe, malgré les résultats obtenus par de savantes recherches, de nombreux points d'interrogation, que le temps seul et l'extension des explorations méthodiques dans le reste du continent africain pourront peut-être lever. Je ne puis, notamment, m'empêcher d'exprimer quelques réserves sur l'assimilation, proposée comme certaine, entre les couches aurifères de Barberton et les couches de Hospital-Hill (situées au-dessous des fameux conglomérats aurifères du Witwatersrand) : assimilation déterminée surtout par l'existence de quartzites à magnétite analogues, (altération possible de quartzites pyriteux profonds) et à laquelle la présence commune de l'or, purement fortuite sans doute, ne paraît pas avoir été tout à fait étrangère. De même pour le rapprochement, bien hypothétique, entre la série du Blackreef et les grès de la Montagne de la Table à Capetown : la discordance entre la série du Blackreef et celle du Witwatersrand étant à priori difficile à identifier, sans preuves absolues, avec celle qui fait reposer les grès de la Montagne de la Table sur les schistes de Malmersbury.

[1] Voir les cartes géologiques du Witwatersrand et du district de Lydenburg (fig. 4, p. 45 et 23, p. 86).

Étude générale de la série primaire aurifère. — Si nous étudions maintenant ces formations en commençant par la base, nous observons d'abord une série primaire, ayant subi un métamorphisme profond par suite de l'intrusion du granite rouge et qui, suivant la distance plus ou moins grande à laquelle on se place de ce granite pour l'observer, présente des facies variables. Cette série comprend : d'une part, des schistes cristallophylliens, schistes à actinote, schistes à séricite, talcschistes, micaschistes ; de l'autre, des terrains ayant mieux conservé leur caractère clastique, grès, conglomérats, schistes, quartzites, phyllades, argilites et, très rarement, calcaires. C'est presque uniquement dans cette série que se trouve l'or, associé à la pyrite de fer : soit en veines quartzeuses, plus ou moins grossièrement interstratifiées dans les schistes, suivant le mode ordinaire dans toute l'Afrique et, plus généralement, dans les pays à plissements anciens profondément érodés (Scandinavie, Canada, Brésil, etc.); soit sous la forme, plus spéciale, d'un ciment siliceux à chloritoïdes et à muscovite, reliant les galets d'un conglomérat, dans le Witwatersrand. Quelle que soit l'hypothèse adoptée sur la formation de ces derniers gisements, hypothèse que nous discuterons plus tard, cette localisation prouve que la principale venue aurifère n'est, en tout cas, pas de beaucoup postérieure à ce système primaire : sans quoi, on la retrouverait aussi fortement marquée dans les terrains plus récents. Divers gisements, sur lesquels j'insisterai, montrent toutefois qu'il s'est produit encore, ou des venues profondes aurifères, ou, tout au moins, des déplacements du précieux métal, après la série dolomitique (5).

En raison de l'importance pratique de la série primaire, je vais insister un peu sur ses caractères généraux, en remettant néanmoins à un autre paragraphe[1] la description plus détaillée des gîtes minéraux et métallifères et, spécialement, des couches de conglomérats aurifères, qu'elle contient.

Ces couches primaires (1) sont, dans tout le Transvaal, très fortement plissées, redressées et métamorphisées. Dans un grand nombre de cas, l'effort de refoulement semble être venu du Sud, imprimant aux couches une direction générale Est-Ouest et produisant, par exemple, dans les conglomérats du Witwatersrand, cette multitude de failles inverses (thrust-faults), ces continuels doublements des strates, cette allure en écailles imbriquées, qui sont un caractère essentiel de leur tectonique. On attache une importance particulière, dans cette série, à un ensemble de roches schisteuses et quartzeuses rubanées, avec jaspe rouge et magnétite noire, qui existent à Hospital-Hill (Johannesburg), que l'on retrouve également (ou, du moins, dont on retrouve

[1] Page 54.

l'analogue à Barberton) et qui, dans les deux régions, sert de jalon, de niveau-repère, au milieu de la série stratigraphique.

Si nous commençons par examiner la série dans la région de Johannesburg, qui est, pour nous, la plus intéressante, nous trouvons, en partant du massif granitique ancien (2), c'est-à-dire, vraisemblablement, en remontant l'ordre de succession des couches (fig. 5) : d'abord, une zone de quartzites blancs avec veinules d'argilite à séricite satinée (*a*, *b*), dits quartzites du ***Rand proper;*** puis des alternances d'argilites rouges foncées ferrugineuses (***black shales*** et ***red shales***), avec des quartzites blancs, ou rougeâtres (*c*, *d*, *e*, *f*); au delà, la série d'***Hospital-Hill*** typique, chargée d'oxydes de fer, magnétite ou hématite, qui paraît, en grande partie, le résultat d'une altération superficielle de pyrite, comme dans les itabirites du Brésil (*g*) ; des argilites

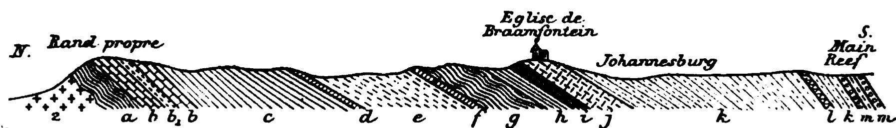


Fig. 6. — Coupe des couches de la série de *Hospital-Hill*, dans le Witwatersrand Central, à Johannesburg, montrant les principales couches de repère. Échelle 1/40,000ᵉ ; (d'après M. Molengraaff).

rouges (*h*); des grès jaunâtres (*i*) ; des quartzites verts (*j*): des grès à séricite (*k*) et, enfin, un grès rougeâtre ferrugineux, dit ***Red bar*** (*l*), qui marque, d'une façon très nette, la base du système des conglomérats (***bankets***) aurifères, ou série du Main Reef.

En résumé, les grès, quartzites et conglomérats dominent ici.

Remarquons-le en passant, la série aurifère du Witwatersrand n'est pas un accident tout à fait imprévu dans cet ensemble du système primaire, mais seulement le développement exceptionnel de conditions, qui, dans les terrains sous-jacents ou superposés, se sont également marquées par le dépôt ou la cristallisation fréquente de la pyrite (souvent transformée en hématite ou magnétite) et qui, là, pour une cause ou pour une autre, ont pris un aspect particulièrement favorable au traitement industriel, en même temps qu'apparaissent plus multipliées les formations détritiques à gros éléments mal roulés.

Ce qui caractérise, en effet, très nettement cette série aurifère de Johannesburg, c'est l'existence d'un certain nombre de bancs de conglomérats à galets exclusivement composés de quartz ou de quartzites [1],

[1] Cette présence exclusive du quartz ne peut s'expliquer autrement que par une préparation mécanique suffisamment longue pour avoir détruit, jusqu'au dernier, les galets des autres roches, qui, à l'origine de l'alluvionnement, ne pouvaient manquer d'être mélangés avec les galets plus durs de quartz et même de prédominer sur eux. Nous aurons à y revenir.

intercalés au milieu de grès quartzites ou d'argilites : l'or étant presque uniquement localisé dans les conglomérats et beaucoup plus rare dans les sédiments à éléments plus fins, tels que les quartzites, mais se montrant néanmoins souvent, à l'état de traces minéralogiques, dans ceux-ci.

Ces couches de conglomérats, bien que présentant, sur une certaine étendue, une continuité et une constance beaucoup plus grandes qu'on ne pourrait s'y attendre et qu'il n'est même usuel dans une formation semblable, affectent, cependant, quand on les envisage en grand, l'allure lenticulaire, qui est inhérente à tout sédiment et surtout à tout sédiment résultant d'une préparation mécanique violente, comme un conglomérat. Il ne faut donc pas s'étonner, si l'on a éprouvé de la peine à suivre, d'un bout à l'autre du Rand, sur une centaine de kilomètres, des couches, qui ne pouvaient manquer de disparaître, pour faire place à d'autres chevauchant sur les premières et il est, au contraire, surprenant qu'on ait trouvé, dans l'ensemble, assez de régularité pour y réussir approximativement. C'est ainsi que, sauf assimilations problématiques de tel banc avec tel autre, on a distingué quatre bandes de conglomérats principales, qui sont, de haut en bas :

4. La série d'*Elsburg*.
3. La série du *Kimberley reef*.
2. La série du *Bird reef*.
1. La série du *Main reef*, à laquelle M. Molengraaff rattache : d'une part, le *Botha's reef* et le *Battery reef*, à l'Ouest de la faille de Witpoortje ; de l'autre, le *Kleinfontein reef* et le *Van Ryn's reef*, à l'Est de la faille de Bocksburg.

Tout cet ensemble de grès et conglomérats aurifères a subi un métamorphisme incontestable, qui en a fait recristalliser les éléments et y a développé la séricite, les chloritoïdes, la muscovite, etc., en même temps que se produisaient les accidents mécaniques, failles, glissements, etc., dont il a déjà été fait mention. Son caractère tectonique le plus remarquable, qui paraît bien démontré et dont les conséquences pratiques pour l'avenir du Rand sont énormes, est que, sous sa forme actuelle (à coup sûr très différente de celle qu'il affectait au moment de son dépôt), il se montre plissé en un grand synclinal, en une cuvette Est-Ouest (fig. 5, p. 45), réapparaissant au jour dans le Sud avec un pendage inverse : synclinal, dont la profondeur maxima dans le centre du bassin est l'inconnue, sur laquelle s'échafaudent les spéculations, mais qui, dans certaines régions comme l'extrémité Est du Rand, pourrait très bien se trouver exploitable sur toute sa largeur.

C'est directement au-dessus de cette série du Rand, que repose la série du Black reef, décrite plus loin : série très différente par ses caractères de la précédente, et surmontée, à son tour, par la série des dolomies.

Dans les autres régions du Transvaal (Barberton, Marabastad, etc.), la série primaire, où l'on retrouve de l'or, présente des termes beaucoup plus schisteux que dans le Rand : talcschistes, schistes à séricite, schistes amphiboliques, etc., et nous verrons, par suite, les veines aurifères y affecter une allure en veinules et filons-couches, tout autre que celle des conglomérats précédents. On y a retrouvé, un peu partout, des roches analogues à celles d'Hospital-Hill, formées comme elles de quartzites à magnétite avec jaspe rouge, auxquelles les mineurs, en raison de leur aspect rayé, donnent le nom de *roches calico*. C'est sur la présence de ces roches, très aisément reconnaissables, que l'on s'est fondé pour raccorder les unes avec les autres toutes les coupes éparses et ranger tous ces terrains aurifères dans un même étage géologique. Quoique cette généralisation soit à coup sûr séduisante et puisse même offrir quelques vraisemblances, j'ai déjà dit ailleurs [1] qu'un semblable rapprochement pétrographique me paraissait insuffisant pour affirmer ces assimilations à grande distance : ce facies prouvant seulement une analogue imprégnation pyriteuse, oxydée au voisinage de la surface et pouvant se rencontrer, par suite, dans plusieurs terrains d'âge différent.

Passons maintenant aux séries qui surmontent les conglomérats.

Série du Black-reef. — La *série du Black-reef* est, si on lui donne l'extension proposée par M. Molengraaff, formée par des quartzites foncés, des arkoses, des grès, des schistes ardoisiers, des grauwackes et des conglomérats aurifères. Son épaisseur, très variable, ne dépasse pas 40 mètres au Sud du Witwatersrand et à Klerksdorp, tandis qu'elle atteint 300 mètres à Lydenburg et 500 mètres au Nord, dans les montagnes de Makapan et de Chunie. Elle repose, en discordance marquée, sur les divers termes de la série primaire [2], tantôt sur les étages aurifères à Krügersdorp, sur la série de Hospital-Hill au Nord-Ouest de cette ville, sur les diabases et porphyrites amygdaloïdes au Sud du Klipriviersberg, sur le granite au Sud de Prétoria.

Dans le Rand, où on lui a donné son nom, elle comprend une curieuse formation aurifère, qui a causé de grands déboires par son irrégularité : formation, probablement due à un remaniement ou à une concentration en partie mécanique, analogue à celle que l'on a voulu supposer pour tous les *bankets* aurifères et qui a eu pour résultat d'y accumuler

[1] *Mines d'or du Transvaal*, p. 184.

[2] Cette discordance, qui a été longtemps méconnue, et que M. Molengraaff a mise en lumière, m'avait déjà frappé dans l'étude sommaire que j'ai pu faire sur place de ces terrains (*loc. cit.*, p. 293, etc.) ; mais je considérais alors le Blackreef comme un dépôt de remaniement limité au bassin aurifère du Witwatersrand : ce que M. Molengraaff croit inexact.

des masses de pyrites, en partie roulées, dans des sortes de sillons, de rigoles des roches sous-jacentes. A la base de la série, se trouve un conglomérat, comprenant des galets de roches diverses, au lieu d'être simplement formé de quartz comme ceux de la série du Main Reef : ce qui achève de prouver une préparation mécanique moins complète, moins longue et plus localisée.

Ailleurs (Nord de Krugersdorp), des couches, qui occupent la même situation stratigraphique sous la dolomie, sont formées de schistes ardoisiers, dits de Kromdraai, avec veinules de quartz aurifère formant filons-couches ; de même, dans le district de Lydenburg, on a, à ce niveau, des filons-couches aurifères (avec minerai de fer superficiel) entre des bancs de grès, dits du Drakensberg. Cette allure interstratifiée est, nous aurons l'occasion de le voir souvent, très caractéristique des formations aurifères africaines.

Série de la dolomie. — La *série de la dolomie* est constituée par des assises de dolomie et de calcaire dolomitique bleu foncé ou noirâtre de 10 centimètres à 3 mètres d'épaisseur, alternant avec des bandes minces de silex. Parfois, des lits de silex en rognons y sont disposés, selon des sortes de plans de stratification, comme dans les formations crayeuses d'Europe. Exposée à l'air libre, cette roche devient rugueuse et sillonnée de rides, ce qui l'a fait comparer par les Boërs à la peau d'un éléphant (*Olifants-Klip*) ; parfois même, toute la dolomie a disparu, ne laissant visibles que les silex. Elle est fréquemment perforée de grottes et joue, dans l'hydrographie de la région, un rôle très considérable (pertes de rivières, sources vauclusiennes, etc...).

On y observe des gîtes métallifères d'un caractère tout à fait spécial et ne ressemblant en rien à ceux des autres terrains : ce qui peut tenir, en grande partie, à la nature calcaire ou dolomitique de la roche encaissante, les gîtes métallifères des terrains calcaires ayant, dans tous les pays, une allure extrêmement caractéristique, sur laquelle j'ai appelé l'attention dans divers travaux.

C'est ainsi que l'on a fondé un moment de grands espoirs sur les champs d'or de *Malmani*, dans le district de Marico, à l'Ouest du Transvaal, où l'on trouvait une série de filonnets verticaux, remplissant des sortes de diaclases N.N.E.-S. S.O. dans la dolomie, filons renfermant parfois de remarquables échantillons d'or natif[1]. Ces veines aurifères semblent avoir été originairement formées de chalcopyrite aurifère, qui s'est altérée à la surface en malachite, azurite, phillipsite, limonite, etc... Elles ne paraissent pas exploitables, tant à cause de leur irrégularité qu'en raison des grandes difficultés d'épuisement, toujours

[1] Ces filons ont été étudiés en 1897 par M. Moulle. Voir Coll. Ecole des mines, 2643.

occasionnées par ces terrains dolomitiques, où les eaux superficielles sont absorbées comme dans des éponges.

On rencontre de plus, à la base de la dolomie, dans un mince niveau schisteux, une zone très fréquemment chargée de pyrite de fer aurifère avec manganèse, qu'on retrouve aussi bien vers Lydenburg, où nous aurons à l'étudier plus tard, que vers Malmani et d'où proviennent de belles pépites d'or, bien que l'exploitation en soit rarement aussi fructueuse qu'on est tenté de l'espérer d'après le premier aspect. Entre Prétoria et Marico, il s'y intercale aussi des filons-couches plombifères, intéressants à rapprocher par leur allure des gisements de plomb et zinc, encaissés, dans tant d'autres pays, en de semblables dolomies.

Séries supérieures, de Prétoria et du Boschveld. — La série dolomitique est surmontée, comme on l'a vu dans une coupe précédente, par la *série dite de Prétoria* et par la *série plutonienne du Boschveld.* Je ne poursuivrai pas la description de ces couches, qui n'ont pas d'intérêt pour notre sujet spécial et me contenterai de noter, à la base de la série de Prétoria, quelques filons-couches de quartz aurifère (Koesterfontein, Blauwbank, etc.) assez analogues à ceux de la dolomie, mais inexploitables. Ces couches de Prétoria sont traversées par un grand nombre de dykes de diabase et la diabase s'y intercale également en bancs intrusifs, ayant exercé, sur les terrains au contact, un métamorphisme analogue à celui que j'ai pu observer pour les porphyrites du Plateau Central[1].

Enfin, l'intrusion de la *série plutonienne du Boschveld* dans le système du Cap a amené des dislocations considérables[2], accompagnées de ségrégations basiques (magnétite, chromite), au voisinage de certaines roches comme les norites et de nombreux filons métallifères : (chalcopyrite, quartz, oligiste et fluorine ; sidérose avec cuivre gris argentifère, cobalt, galène, etc.) Ces gisements, à l'exploitation desquels on a généralement renoncé et sur lesquels je reviendrai dans un chapitre ultérieur, à l'occasion du cuivre qu'ils renferment fréquemment, méritent, dès à présent, une courte description, tant à cause de leur valeur possible que de leur intérêt théorique général.

Tout d'abord, à la périphérie de la zone du granite rouge du Bosch-

[1] Molengraaff, *loc. cit.*, p. 46. — Porphyrites de l'Allier (*Bull. Soc. géol.* 1888. 3e sér., t. XVI, p. 84).

[2] M. Molengraaff a fait, à ce sujet, des constatations d'un intérêt général, à rapprocher de celles de M. Brögger dans la région de Christiania, sur les perturbations occasionnées par les magmas intrusifs. Un beau dyke de syénite à anorthose, largement exploité pour la construction des édifices à Johannesburg traverse la dolomie.

veld, on trouve, presque partout, des norites[1], tantôt à enstatite, tantôt à hypersthène, ou bien à hypersthène et diallage, avec association de pyroxénites, uniquement composées d'enstatite. Ces norites présentent des ségrégations de magnétite, qui paraissent constituer, pour l'avenir, les meilleurs gîtes ferrifères du Transvaal et, plus rarement, des amas de fer chromé.

Le même granite rouge intrusif semble avoir dégagé d'abondantes émanations fluorées, qui ont incrusté de fluorine, soit les cavités des roches d'épanchement de ce groupe, soit des fissures filoniennes, où l'on trouve, en même temps, du quartz et de l'oligiste, parfois avec un peu d'or (district du Waterberg). Ailleurs, comme à l'Albert-Silver mine (85 kilomètres E. N.-E. de Prétoria), on observe des filons de quartz avec oligiste et bornite argentifère. On a donc là des exemples, assez rares en Afrique du Sud, de filons proprement dits, mais qui se présentent encore sous forme de fissures irrégulières, très visiblement incrustées en profondeur au voisinage immédiat de roches intrusives, elles-mêmes cristallisées sous pression. L'or y paraît être un dérivé de magmas granitiques (avec intervention possible de fluorures et concentration dans des diabases) : ce qui n'a rien que de conforme avec la relation supposée entre les quartz aurifères de Californie et les granites aurifères de la même région.

En entrant plus dans le détail, M. Molengraaff rattache à ces roches éruptives la série suivante de gîtes métallifères, (dont quelques-uns aurifères), disposés en plusieurs zones parallèles, à peu près Est-Ouest :

α. La zone de la Willows-silver-mine, des mines de Boschkop, de Oudezwaanskraal et de la Transvaal-silver-mine, toutes abandonnées, comprend des dykes de diabase, avec des filons de chalcopyrite associés, donnant, au voisinage de la surface, l'altération ordinaire en sidérose et cuivre gris argentifère (tétraédrite antimonieuse) ; parfois on y observe, en même temps, de la galène, de la crocoïse et du mispickel.

β. La zone des filons plombifères, situés dans le niveau supérieur des quartzites du Magaliesberg, comprend également des dykes de diabases, accompagnés de divers minerais, parmi lesquels dominent la galène et la pyrite (avec altérations en cérusite, pyromorphite et calamine).

γ. La zone des filons de cobalt de Balmoral, qui paraît se rattacher à la précédente, présente des filons d'une roche cornée, largement imprégnée de cristaux d'actinote et de smaltine, avec fissures tapissées d'érythrine.

[1] Pétrographiquement, cette association d'un granite à anorthose et d'une norite est à rapprocher des observations récentes de M. Barrois sur les Kersantons de Bretagne (C. R., avril 1902), ou de celles que j'ai faites moi-même sur les roches éruptives carbonifères de la Creuse (C. R., 28 avril 1902).

δ. Dans le district de Middelburg, à Laatste-Drift et à Rhenosterhœk, des filons, encaissés dans la norite, renferment : le premier, pyrite aurifère, chalcopyrite et smaltine ; le second de la pyrite massive très pure.

ε. La zone de l'Albert-Silver-mine (85 k. E.-N.-E. de Prétoria), déjà mentionnée précédemment, renferme des filons de quartz et oligiste avec bornine argentifère, dans le granite rouge : filons injectés, comme la plupart des précédents, de diabase. On rattache à ce groupe divers filons du district de Rustenburg, avec sidérose et chalcopyrite, ainsi que les smaltines aurifères de Kruisrivier (Middelburg).

En résumé, on paraît avoir, dans la plupart des cas, des dégagements en relation directe avec des roches diabasiques, dérivées du granite rouge : dégagements, dont la forme originelle et profonde, seule intéressante pour nous, comprend quartz, fluorine, oligiste, pyrite parfois arsenicale, chalcopyrite (avec or et argent), minerais de cobalt (pouvant être aurifères), rarement galène et blende, exceptionnellement crocoïse.

Je laisse maintenant de côté ces notions de géologie générale pour revenir sur la description plus détaillée des principaux champs d'exploitation aurifère du Transvaal, qui appartiennent tous à la base du système primaire : soit à la série de Hospital-Hill du Witwatersrand ; soit à la série de Barberton, considérée actuellement comme équivalente de la première.

Les champs d'exploitation sont : 1° le Witwatersrand, avec les districts annexes de Heidelberg et de Klerksdorp ; 2° le district de Barberton ou de Kaap (Sheba) ; 3° le district de Lydenburg ; 4° le Murchison Rang (Selati), avec divers districts accessoires.

Nous allons les passer successivement en revue, en examinant la constitution des minerais et les résultats industriels de leur exploitation.

District du Witwatersrand. — 1° Géologie. — Les gisements du Witwatersrand se composent, comme nous l'avons vu, d'une série de bancs de conglomérats aurifères, rattachés à la série d'Hospital-Hill. La coupe détaillée de cet ensemble, — à partir du granite ancien, qui forme un grand massif au Nord de Johannesburg, — est à peu près la suivante :

	Granite.	
	Quartzites blancs du Rand-proper.	350 mètres.
	Grès et schistes ferrugineux (*black-shales*)	470 —
	Quartzites au mur du reef de Rietfontein ou de Geldenhuis valley environ.	1 200 —
SÉRIE DES REEFS DE RIETFONTEIN.	*North reef*, peu exploité	0,15 à 0,30 m.
	Quartzites.	15 mètres.
	Quartzites, contenant deux veines de conglomérats exploitées (*middle reef et middle reef leader*) .	1,30 m.
	Quartzite	15 à 20 mètres.
	Stable reef : conglomérat à petits galets	1,50 m.

	Quartzites et argilites	250 mètres.
	Grès magnétiques, quartzites et schistes, formant la *série typique d'Hospital-Hill*	220 —
	Quartzites, avec bancs minces de conglomérat	100 —
	Quartzites à séricite, formant le mur de la série du Main-Reef	700 à 800 —
	Red bar : grès rougeâtre, couche de repère très constante sous la série du Main-Reef	1 à 2 —
Série du Main-Reef	*North-Reef*, presque toujours inexploité	0,20 m. à 1 mètre.
	Quartzite stérile	15 à 20 mètres.
	Main-Reef, gros banc de conglomérats (teneur moyenne : 10 à 15 grammes d'or)	1,50 à 8 —
	Quartzite stérile, se réduisant parfois à zéro sur la Crown reef, la Bonanza, la Jubilee, la Village Main-Reef, la City and Suburban, atteignant 2 à 3 mètres à la Robinson, allant à 20 mètres sur la Wemmer, la Salisbury	0 à 20 —
	Au mur du Main-Reef Leader, salbande argileuse fréquente avec veines de quartz	0 à 0,10 m.
	Main-Reef Leader. — Conglomérat (teneur moyenne 10 à 35 grammes) : la teneur maxima est souvent au toit de ce Leader	0,30 à 1 mètre.
	Quartzite stérile avec un *middle reef* inexploité	30 mètres.
	South-Reef. — Quartzite, contenant plusieurs veines de conglomérat, généralement minces (0,02 m. à 0,10 m.) et à galets aplatis, avec des intervalles de grès, qui peuvent se réduire à zéro. La partie la plus riche est souvent à la base, où l'on constate parfois (Crown-Reef, etc.) une veine de quartz blanc de sécrétion. Ce reef est le plus riche de tous dans le centre du Rand (teneur moyenne : 15 à 40 grammes)	1,30 m.
	Quartzites	4 à 500 mètres.
	Bird-Reef	4 à 6 —
	Quartzites	4 à 500 —
	Kimberley-Reef	10 à 20 —
	Quartzites	1 200 —
	Elsburg-Reef	20 —
	Quartzites	2 500 —

C'est par-dessus cet ensemble qu'arrive, en discordance de stratification, la série du Blackreef, reposant par endroits sur les masses intrusives de diabase amygdaloïde du Klipriversberg.

Industriellement, les couches les plus importantes sont : d'abord, le *Main reef leader* et le *South reef*, petites couches minces, qui, en général, ne dépassent pas 1 mètre à 1,50 m.; puis le *Main reef* proprement dit, couche puissante, négligée au début à cause de sa teneur moindre, mais de plus en plus utilisée à mesure que les frais d'extraction s'abaissent. C'est dans ces trois bancs que se trouve la plus grande partie de l'or; mais il importe de ne pas oublier, quand on veut apprécier l'avenir du Witwatersrand, que l'or est, en outre, disséminé, à l'état de traces plus ou moins sensibles, dans des quantités d'autres couches et que, par suite, l'exploitabilité d'une énorme quantité de minerais supplémentaires est uniquement une question de prix de revient.

Caractères des Minerais. — Les minerais, que l'on exploite, d'un type tout à fait particulier au Witwatersrand, sont composés de conglomérats [1] (accessoirement, de grès grossiers, ou quartzites), à éléments quartzeux plus ou moins roulés, soudés par une pâte siliceuse englobant de petits grains de quartz, et renfermant des grains de pyrite, avec lesquels l'or, toujours invisible à l'œil nu et réparti en fine poussière microscopique, paraît avoir été originellement associé [2] (fig. 7).

Dans ce ciment siliceux, on trouve, accessoirement, des chloritoïdes, de la muscovite et parfois du zircon : éléments, qui existent également dans les bancs de quartzite stérile séparant les conglomérats, et qui

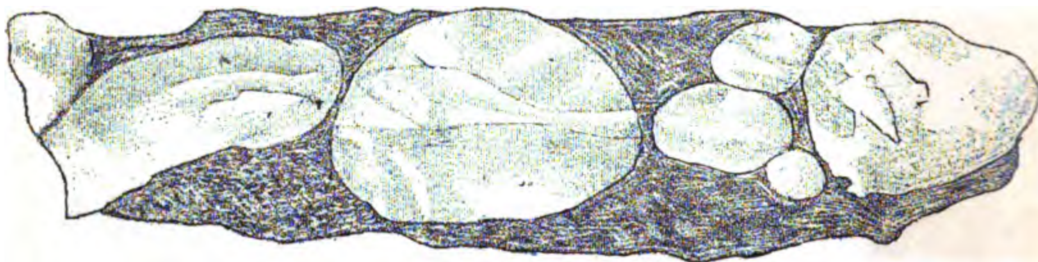


Fig. 7. — Minerai du South-reef à la mine Wemmer (sixième niveau Est), montrant l'épaisseur totale de la couche aurifère et la disposition des galets de quartz au milieu du ciment siliceux et pyriteux.

Échantillon 1462-13. — Grandeur nature.

paraissent dus, comme la silice du ciment elle-même, aux actions métamorphisantes, par lesquelles le conglomérat a été soudé. C'est au milieu d'eux que se trouvent les grains de pyrite, tantôt à formes cristallines nettes, tantôt cassés ou arrondis.

La dimension des éléments roulés peut être extrêmement différente d'un banc aurifère à l'autre, sans que cette grosseur donne un indice constant de la richesse en or; c'est ainsi que nous pouvons trouver une teneur égale dans un conglomérat à galets de 6, ou même 10 centimètres de diamètre, comme est parfois le Kimberley-Reef, ou dans un

[1] Ce sont ces conglomérats que les Boërs appellent *bankel*, en les comparant à un gâteau d'amandes.

[2] Aux affleurements et jusqu'à 15 ou 20 mètres de profondeur, l'altération ordinaire de la pyrite par oxydation et sa disparition presque totale, à l'état de dissolution avaient isolé l'or libre, souvent dans l'alvéole des galets, qui se trouvaient, par cette altération, dégagés de leur gangue. On peut noter en passant, à ce propos, que le Witwatersand n'a pas connu la phase ordinaire, par laquelle débute, en général, l'histoire d'un champ aurifère : celle des exploitations de placers. L'or très fin, enlevé par l'érosion, avait été, sans doute, entraîné trop loin pour pouvoir se concentrer mécaniquement.

simple quartzite à grains fins, comme le reef de Buffelsdoorn ; cependant, dans une couche donnée, correspondant à une période de dépôt déterminée, et surtout en un point particulier de cette couche, on peut dire, d'une façon presque constante, que la pyrite et l'or se concentrent parmi les éléments les plus gros et notamment à la périphérie des galets.

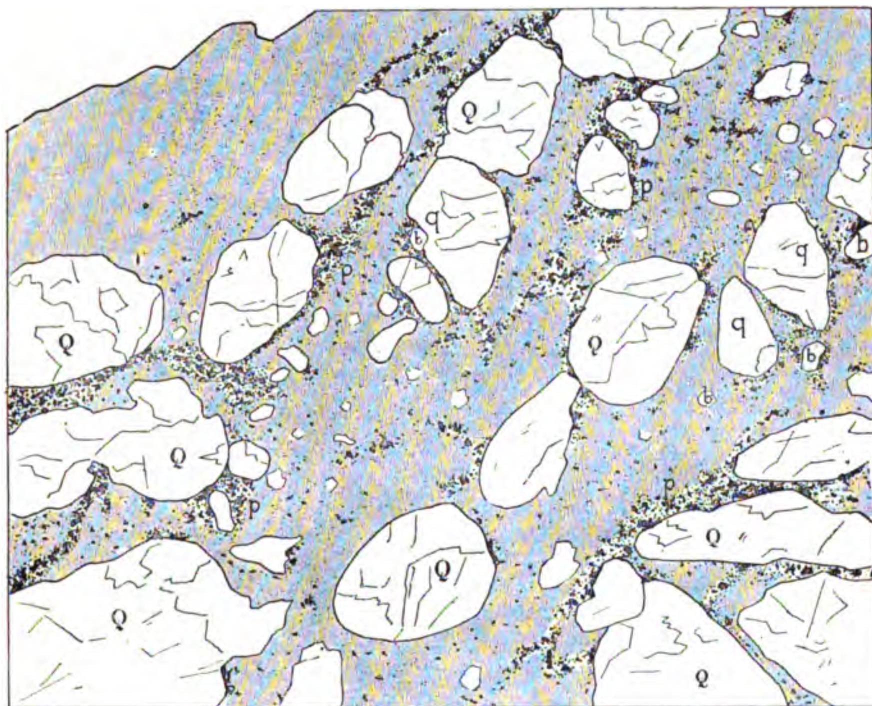


Fig. 8. — Mine de Wemmer. Minerai du Main-Reef Leader. Grandeur nature.
Échantillon 1462-3.
Q, galets de quartz blanc et vitreux. — *q*, galets de quartzite sombre. — *b*, galets de quartz bleuté. — *p*, traînées de pyrite dans le ciment du quartzite.

Cela n'empêche pas, d'ailleurs, qu'il puisse très bien exister, à quelques mètres de distance d'un simple quartzite ou d'un poudingue à petits éléments contenant de l'or, un banc à gros galets absolument stérile ; et deux bancs voisins, à galets identiques, peuvent être très inégalement aurifères. On en a souvent la preuve curieuse pour le Main-Reef et le Main-Reef Leader, couches généralement très rapprochées : le Main-Reef, avec des galets de grosseur identique à ceux du Leader ou même plus volumineux, a, presque constamment, une teneur beaucoup moindre.

Je viens de mentionner, pour être complet, le cas de quartzites aurifères ; mais le minerai, de beaucoup le plus fréquent, surtout dans les anciennes mines du centre du Rand, est un conglomérat à galets de dimensions variables entre une noisette et un œuf, comme ceux que représentent les figures 7 et 8.

Cette dimension des galets, différente d'une couche à l'autre, caractérise celles-ci dans une certaine mesure : ainsi le Kimberley-reef en a d'énormes ; le Bird-reef en a de gros à peine comme un œuf d'oiseau.

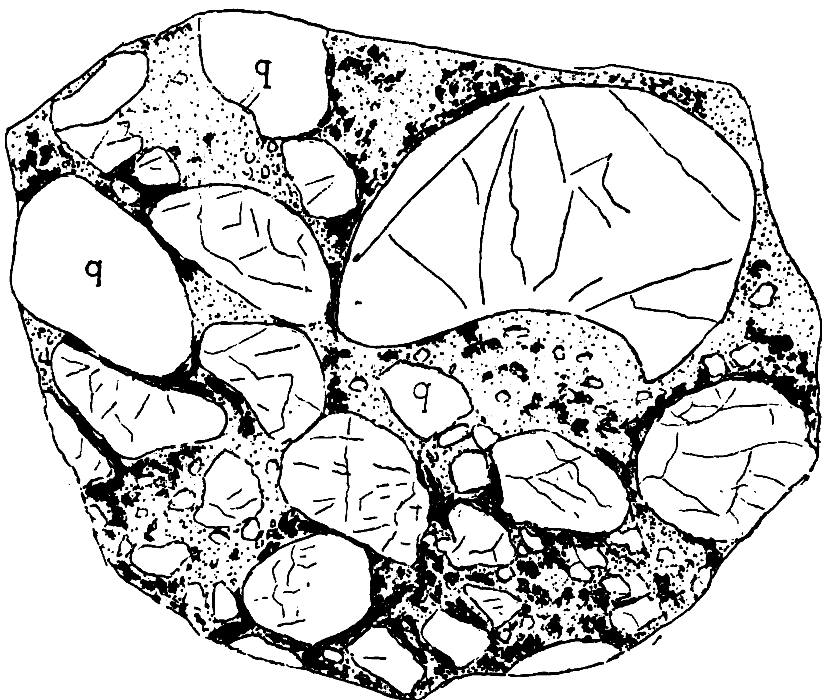


Fig. 9. — Minerai de Balmoral. (Puits Ouest) à galets de quartz anguleux. Ech. 1472-2. (La figure représente des galets de quartz hyalin et de quartzite fin gris sombre (*q*) se détachant en blanc sur un ciment siliceux à petits grains de quartz et traînées de pyrite (représentées en noir). Grandeur nature.

Dans le conglomérat aurifère, qui constitue donc le minerai habituel, on a, en somme, à étudier deux parties bien distinctes et pouvant avoir une origine tout à fait indépendante : 1° les galets, plus ou moins volumineux, qui, par une particularité d'un intérêt capital, ne contiennent à peu près jamais d'or ni de pyrite[1], cela quel que soit leur diamètre,

[1] La règle n'est pas absolue, et je citerai tout à l'heure une exception ; mais elle est extrêmement générale et l'examen microscopique ne fait que la confirmer.

sinon dans de petites fissures et, 2° le ciment, où l'or est, au contraire, concentré avec la pyrite de fer, la silice et les autres éléments secondaires.

Galets et ciment sont, en général, très intimement soudés ; sauf aux affleurements, où la dissolution de la pyrite sous l'action des eaux superficielles a désagrégé la roche, ils ne font qu'un et, presque toujours, quand on casse un fragment de conglomérat, galets et ciment se cassent ensemble, suivant une même surface plane, où les galets ne se dessinent donc que par leur section circulaire ou elliptique, tantôt plus claire, tantôt plus foncée que la pâte enveloppante (voir, par exemple, fig. 8).

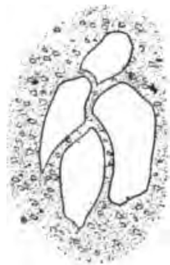


Fig. 10. — Exemple de galets semblant s'enchâsser les uns dans les autres, à la Robinson. Demi-grandeur nature.

Parlons d'abord de ces galets : les galets des conglomérats aurifères de la série du Main-Reef sont toujours exclusivement formés de quartz blanc bleuté, vitreux, hyalin, de quartz enfumé ou d'un quartzite à grain très fin, d'un noir mat ; dans certains reefs à gros galets, soit au-dessus, soit au-dessous du Main-Reef, on trouve, en outre, des galets, souvent fort volumineux, de quartzite à grain plus gros, analogue à celui qui encaisse les gîtes ; jamais on ne rencontre aucune trace de roche ancienne, telle que gneiss, granite, granulite, etc.

Accessoirement, dans certains conglomérats très épais et à galets très volumineux, qui affleurent, soit au mur de la série (reefs de la vallée de Geldenhuis), soit au toit (Elsburg reef, de Paaz reef, Kimberley et Battery reef au Sud), on trouve, en outre, des galets de quarzite blanc, analogue à celui qui encaisse les conglomérats au toit et au mur, parfois aussi des galets de quartz rubané à raies noires ou bleu sombre, souvent chargés de pyrite, qu'on observe particulièrement dans le reef de la vallée de Geldenhuis, ou dans un reef des environs de Heidelberg, nommé, à cause de cela, le reef aux galets rayés, Stripe pebbles reef.

Une particularité curieuse de ces galets est qu'ils présentent souvent — et cela à toutes les profondeurs dans les mines — des angles vifs ou à peine émoussés (fig. 9) : ce qui paraît, tout d'abord, peu compatible avec l'idée d'une trituration prolongée, vraisemblable d'autre part en raison de leur nature exclusivement quartzeuse [1] ; mais ce fait, qui est loin d'être exceptionnel dans les poudingues anciens, connus en

[1] Des expériences de M. Daubrée (*Comptes rendus*. XLIV, p. 997) montrent qu'après un parcours total de 25 kilomètres accompli dans un cylindre tournant au milieu de l'eau, des matériaux anguleux sont transformés en galets, pareils à ceux de nos côtes.

d'autres pays, peut, sans doute, s'expliquer en supposant que certains gros galets se seront brisés à la place où l'on retrouve aujourd'hui leurs fragments anguleux, qui se seront aussitôt déposés après avoir été à peine roulés ; il est à noter que certains de ces galets polyédriques semblent parfois s'enchâsser les uns dans les autres, comme s'ils avaient été seulement éclatés, peut-être dans les accidents mécaniques

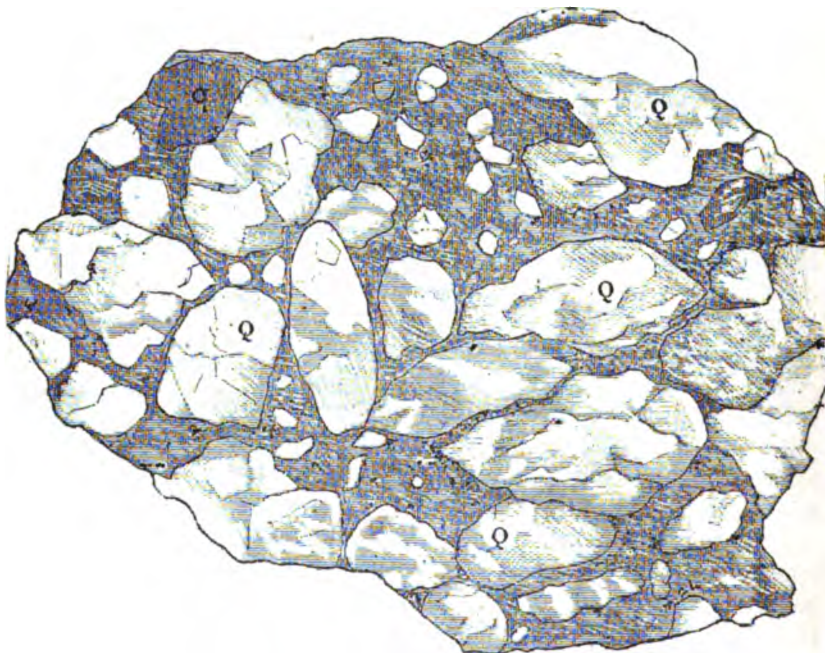


Fig. 11. — Minerai de la City and Suburban (Main-Reef Leader, 4e niveau), montrant des enchâssements de fragments de quartz anguleux (Q) à teintes moirées et de quartzite fin gris sombre (*q*) au milieu d'un ciment siliceux et peu pyriteux (la pyrite représentée en noir). Ech. 1463-4. Grandeur nature.

consécutifs au dépôt, et presque aussitôt recimentés par de la silice pénétrant dans ces fissures (voir notamment fig. 10 et 11).

Je signalerai également la présence fréquente de galets aplatis, présentant alors, non plus une forme grossièrement sphérique, mais une disposition nettement ellipsoïdale, galets qu'on trouve parfois entassés dans certaines couches, en particulier dans le South-Reef, parallèlement à la stratification générale, ainsi que le montre, notamment, une coupe transversale, donnant toute l'épaisseur de ce South-Reef dans la mine Modderfontein (fig. 12). Cet aplatissement semble, il est vrai, avoir été quelquefois accentué par une sorte de laminage des couches, en relation avec des accidents mécaniques postérieurs au dépôt, dont

nous retrouverons ailleurs bien d'autres traces ; les quartz sont alors intérieurement craquelés et brisés ; mais, le plus souvent, il s'agit bien de galets plats, comme on n'en trouve guère que dans les formations marines, où cet aplatissement résulte, on le sait, de ce que le mouvement imprimé par la lame est plutôt oscillatoire que rotatoire [1].

Dans certains cas aussi, le passage du galet au ciment encaissant est difficile à observer : on dirait que le ciment a fait corps avec ce galet, peut-être par une recristallisation secondaire, et que le galet a été comme nourri sur sa périphérie.

Ce ciment, qui soude ces galets les uns aux autres, renferme de la pyrite de fer bien visible, de la silice cristallisée sur place, (soit par une action de précipitation chimique, analogue à celle qui a amené le



Fig. 12. — Minerai du South-Reef à la Modderfontein. Épaisseur totale de la couche aurifère (leader) 1477-1. Les galets de quartz plats Q sont représentés en blanc sur un ciment à petits grains de quartz abondants et pyrite peu visible. Grandeur nature.

dépôt direct de pyrite cristallisée, soit par action secondaire), du mica blanc et du chloritoïde assez abondants, des grains de quartz englobés à contours brisés, dentelés ou arrondis et, enfin, de l'or. Accessoirement, on y remarque, au microscope, quelques-uns des éléments ordinaires les plus résistants des roches cristallines, rutile, zircon, etc [2].

J'ai déjà dit, que, d'une façon générale, l'or n'est pas visible à l'œil nu dans le minerai du Transvaal ; c'est très exceptionnellement seulement qu'un peu d'or libre a cristallisé, à la suite d'une redissolution secondaire, soit sur un plan de joint, où il forme un enduit, soit dans une veine de quartz, où il constitue parfois des cristaux assez volumineux [3]; mais, à moins d'un hasard de ce genre, on peut parcourir tous les chantiers des mines du Witwatersrand sans y voir une trace d'or.

[1] De Lapparent, *Géologie*, 3e édit., p. 237.

[2] Notons également ce fait curieux, qui a été certifié par plusieurs témoins dignes de foi, qu'on aurait trouvé, dans les conglomérats des environs de Klerksdorp, de petits diamants verdâtres.

[3] On en a trouvé quelques beaux échantillons à la Jumpers, à la Wemmer, etc.

Il existe, cependant, une certaine proportion d'or à l'état libre dans ce minerai, et on en constate la présence, soit par un examen microscopique, soit, plus aisément, par un simple essai au pan, qui isole aussitôt, même quand il s'agit d'un minerai de profondeur, une traînée jaune d'or natif, accompagnant une traînée de pyrite, qui est elle-même aurifère.

En ce qui concerne la disposition de cette pyrite aurifère, il y a lieu de remarquer la présence assez fréquente de zones pyriteuses, soit parallèles à la stratification, soit obliques, comme on en observe dans toutes les formations sédimentaires troublées (fig. 13). Ces zones sont, elles-mêmes, formées, en grande partie, de grains de pyrite émoussés ou arrondis, côte à côte avec lesquels on observe, pourtant, des cristaux de pyrite, à fines ramifications pénétrant entre des grains de quartz, c'est-à-dire cristallisés sur place.

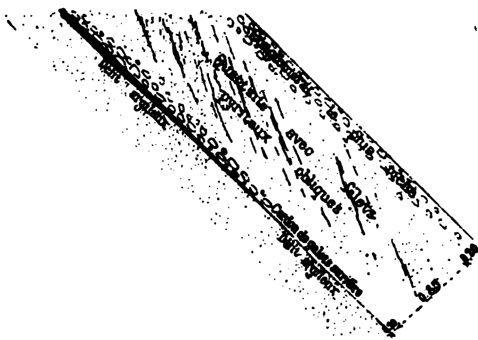


Fig. 13. — Coupe du Main-Reef Leader au quatrième niveau Ouest de la City and Suburban, montrant de fausses stratifications pyriteuses. (On a donné à la couche son inclinaison réelle.)

On doit donc en conclure, de toute nécessité, que le charriage a joué un certain rôle dans l'arrivée de l'or au milieu du minerai actuel : ce qui semble également résulter de l'aspect arrondi ou fragmenté de certains grains pyriteux examinés au microscope.

D'autre part, la pyrite cristalline à arêtes bien nettes, formant, soit des cristaux isolés, soit des plages secondaires, parfois moulées sur les grains de quartz, est également très fréquente : d'où résulte nécessairement cristallisation sur place (par action primitive, ou par remise en mouvement secondaire).

En dehors de l'or et de la pyrite de fer, qui peut arriver à constituer 30 p. 100 de sa masse, le minerai du Witwatersrand est remarquablement pauvre en autres métaux : ce qui contribue à la facilité de son traitement par le cyanure de potassium. D'une façon générale, on affirme, dans la plupart des mines, n'y avoir jamais reconnu la présence d'aucun métal, si ce n'est de traces d'argent ou de cuivre, ces dernières parfois visibles sur le zinc, qui précipite l'or de sa dissolution cyanurée[1]. J'ai constaté le fait par moi-même sur des concentrés venant de la Wemmer et tenant 9 grammes d'or à la tonne, qui ne

[1] Voir, par exemple, à l'United Main-reef Roodepoort.

renfermaient pas trace de cuivre, de zinc et de plomb ; l'analyse, faite à l'École des mines, a seulement trouvé 0,04 p. 100 d'arsenic. C'est uniquement dans les veines de quartz secondaire, mentionnées plus haut, qu'on observe parfois d'autres métaux : ainsi j'ai pu recueillir de la galène et de la blende à la Buffelsdoorn, où il existe également de la pyrite arsenicale ; de la chalcopyrite à la Robinson ; des cristaux de pyrite et de blende à la Crœsus (troisième niveau Est, sur le South-reef). M. Schmeisser a signalé, en outre, la présence d'un peu de blende à Alexandra Estate et Rietfontein et des traces d'antimoine dans l'Ouest du Rand.

Je reviendrai bientôt sur la teneur en or des minerais, qui se rattache intimement au côté industriel de cet étude ; mais, auparavant, il faut encore indiquer quelle est l'allure générale de ces couches de conglomérats afin de pouvoir discuter la question si curieuse et si obscure de leur origine.

Allure générale des bancs de conglomérats : 1° en direction ; 2° transversalement à la direction. — Les bancs de conglomérats constituent — ceci tout à fait indépendamment de leur ciment aurifère, qui peut être local — une formation de grande extension, ayant dû être soumise à un plissement postérieur, qui a fait prendre, à la partie que nous en observons aujourd'hui, l'allure d'un synclinal (voir fig. 5, p. 45). C'est là un point déjà indiqué précédemment et sur lequel je reviendrai.

Etudiés d'abord suivant la direction de leur affleurement, ces conglomérats ont une réputation faite de régularité, qui peut être justifiée dans une certaine mesure par le rendement industriel, mais qui, envisagée à la lettre, est de nature à donner les idées les plus inexactes sur la disposition géologique des dépôts.

Si l'on examine, en effet, soit une galerie de mine quelconque dans le Rand, soit un de ces plans d'essais, où l'on reporte, de 10 mètres en 10 mètres, sur le tracé des galeries, l'épaisseur et la teneur des minerais, surtout si l'on transforme les chiffres du plan d'essais, comme le montre la figure 14, en un tracé graphique, on constate immédiatement que ces reefs, réputés réguliers, changent incessamment de dimensions comme de teneur, et cela dans les proportions les plus fortes, passant, sur une longueur de 20 mètres, de quelques centimètres de large à plusieurs mètres. Cette irrégularité, dont nous avons ici un exemple, pris tout à fait au hasard dans une des mines les plus justement réputées du Rand, n'est pas une exception, mais, au contraire, la règle absolument générale[1]. Le contraire serait, d'ailleurs,

[1] Sur la figure 14, p. 65, trois courbes représentent : l'une, les variations de l'épaisseur en chaque point ; l'autre, celles de la teneur en or, d'après les essais du laboratoire :

fort étonnant et presque sans exemple dans une formation géologique, probablement littorale [1] ou même fluviatile, comme celle de nos quartzites et conglomérats.

En dehors de ces variations d'épaisseur d'un banc, de ces rétrécissements et élargissements, on constate également, toutes les fois qu'on se donne la peine de faire des observations un peu soignées, des bifurcations, des dédoublements locaux de reefs en deux veines, qui vont se réunir un peu plus loin, des apparitions de bancs gréseux au milieu de conglomérats, ou, réciproquement, des transformations progressives d'un grès en un conglomérat, etc.

Etant données ces variations, sur lesquelles je viens d'insister, on peut se demander s'il n'y a pas quelques excès d'imagination à prétendre suivre la série du Main-Reef, ou tel autre banc de conglomérat, sur plus de 35 kilomètres de long, d'un bout à l'autre du Rand. La première impression, en effet, en visitant les mines de la région, est qu'il est bien difficile, sinon impossible, de reconnaître un reef de l'autre et, par suite, que l'assimilation de deux tronçons de reefs distincts, surtout lorsqu'ils sont séparés par une faille (qui met parfois, dans le prolongement l'un de l'autre, deux reefs différents), est bien hypothétique, peut-être même fondée uniquement sur le désir de donner à la couche qu'on exploite un nom bien sonnant et favorablement connu ailleurs.

Un reef, ou banc de conglomérat aurifère du Witwatersrand, ne constitue pas, en effet, comme on a trop de tendance à le croire en Europe, un individu absolument déterminé, constant dans son allure et immédiatement caractérisé, partout où on le rencontre, par un signe distinctif. Il est même bien souvent très délicat de distinguer ce qui est minerai du stérile, à plus forte raison un minerai d'un autre. La similitude absolue des bancs de quartzites, qui forment les épontes des divers conglomérats au toit comme au mur, est une raison de plus d'hésiter dans ces rapprochements. Pourtant, à la longue, cette impression tend à disparaître plutôt qu'elle ne s'accentue et l'on finit par concevoir de chaque reef une certaine idée générale assez bien définie pour pouvoir espérer les distinguer, sans trop d'erreur, l'un de l'autre, non pas sur un échantillon isolé, ni parfois sur un front de taille unique, mais au moins sur une certaine longueur de galeries.

la troisième, les variations de la richesse, c'est-à-dire du produit de l'épaisseur par la teneur, les variations de ces deux éléments ne se compensant nullement, comme on l'a parfois affirmé d'après quelques observations trop sommaires.

[1] Il y a, dans l'existence de couches de conglomérats s'étendant sur des kilomètres de large, un fait qui est loin d'être spécial au Transvaal, mais qui partout est fort difficile à concilier avec le peu de largeur des formations actuelles de galets sur nos plages. Dans certains cas, on a pu l'expliquer par l'étalement de deltas torrentiels dans des plaines d'alluvions.

Je suis assez disposé à croire que, s'il y a discontinuité, disposition

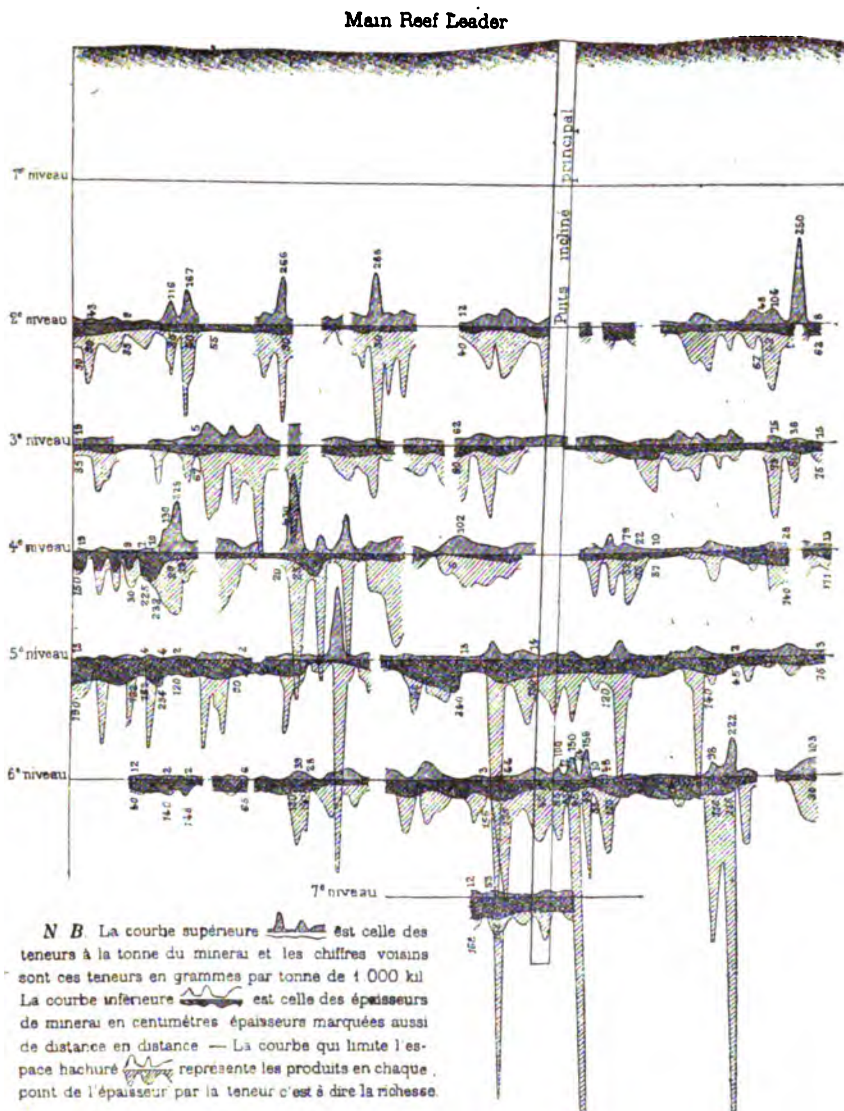


Fig. 14. — Interprétation graphique d'un plan d'essais. (Main-Reef Leader à la City and Suburban.)

lenticulaire dans telle ou telle veine prise isolément, et, par suite, impossibilité de faire des assimilations précises banc par banc d'un bout à l'autre du Rand, le faisceau de ces veines n'en présente pas moins

une certaine continuité sur toute la longueur des exploitations aurifères.

Si nous envisageons maintenant ces bancs de conglomérats aurifères en coupe transversale, nous voyons que, dans toute la région Nord, à l'Est et à l'Ouest de Johannesburg, ils ont une direction Est-Ouest, avec une pente générale assez accentuée vers le Sud.

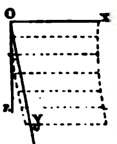
Cette pente des couches, ainsi qu'un schéma ci-joint (fig. 15 et 16) le met en évidence, est absolument variable d'un point à l'autre entre la verticale et l'horizontale et arrive même, en quelques points spéciaux comme la Chimes, à des renversements locaux; néanmoins, sur n'importe quelle coupe Nord-Sud perpendiculaire à l'axe du synclinal, il semble généralement, comme on doit s'y attendre, que les couches, successivement rencontrées du Nord au Sud, tendent de plus en plus vers l'horizontale, à mesure qu'on se rapproche de l'axe du synclinal.

Un fait très caractéristique, conséquence directe de cette disposition des couches en fond de cuvette, et dont la constatation présente une importance capitale pour le développement industriel du pays, c'est que le plongement d'une couche donnée, dans une section et, par suite, dans une mine déterminée, va, d'une façon constante et très rapidement, en diminuant à mesure que l'on s'enfonce : en sorte que, de 70 ou 80° par exemple à l'affleurement, on peut, avant d'atteindre 300 mètres de profondeur verticale, n'avoir plus que 30° (fig. 17 à 22).

La conséquence pratique de ce fait est que, pour exploiter une longueur donnée suivant l'inclinaison de la couche ou reef, on n'a besoin de descendre, suivant la verticale, que d'une profondeur beaucoup moindre qu'il ne l'eût fallu si elle avait conservé sa pente primitive : par suite, les travaux de mines étant forcément limités à une certaine profondeur, soit par des impossibilités matérielles tenant à la chaleur, soit simplement par l'augmentation des frais d'extraction ou d'épuisement, la quantité de minerai, sur laquelle, un jour ou l'autre, l'homme peut espérer mettre la main, s'est trouvée considérablement accrue[1]. Cette question, très discutée, de la limite d'exploitation en profondeur, s'appelle, du nom anglais des concessions ne possédant pas l'affleurement de leur reef, la question des *deep levels*.

Un autre résultat connexe de ce changement de pente des couches en profondeur a été une certaine surprise pour les premières Sociétés exploitantes, qui, assimilant à tort leur couche aurifère à un filon, c'est-à-dire à un plan à peu près vertical, s'étaient contentées de prendre des concessions assez étroites dans le sens de l'inclinaison du

[1] Par contre, la quantité de minerai comprise dans une concession ou *claim*, est d'autant plus restreinte que la couche est plus rapprochée de l'horizontale, puisque cette concession est limitée à quatre plans verticaux menés, suivant les quatre côtés du rectangle qui la définit à la surface.



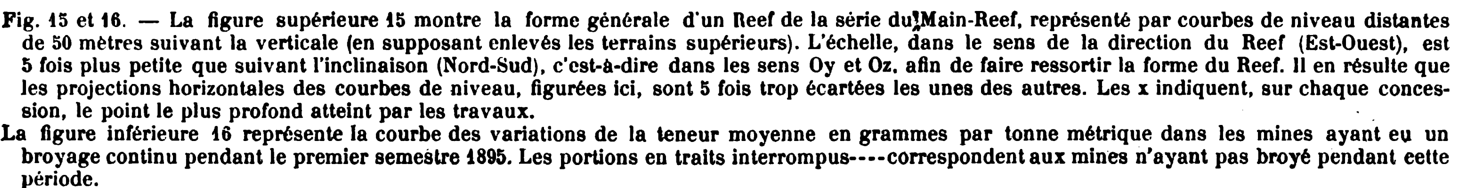


Fig. 15 et 16. — La figure supérieure 15 montre la forme générale d'un Reef de la série du Main-Reef, représenté par courbes de niveau distantes de 50 mètres suivant la verticale (en supposant enlevés les terrains supérieurs). L'échelle, dans le sens de la direction du Reef (Est-Ouest), est 5 fois plus petite que suivant l'inclinaison (Nord-Sud), c'est-à-dire dans les sens Oy et Oz, afin de faire ressortir la forme du Reef. Il en résulte que les projections horizontales des courbes de niveau, figurées ici, sont 5 fois trop écartées les unes des autres. Les x indiquent, sur chaque concession, le point le plus profond atteint par les travaux.

La figure inférieure 16 représente la courbe des variations de la teneur moyenne en grammes par tonne métrique dans les mines ayant eu un broyage continu pendant le premier semestre 1895. Les portions en traits interrompus----correspondent aux mines n'ayant pas broyé pendant cette période.

reef, en supposant que celui-ci y resterait néanmoins jusqu'à la limite d'exploitabilité pratique, tandis que ce reef, par suite de son aplatissement, est, au contraire, assez vite sorti de la concession pour entrer dans un terrain voisin.

Les figures 17 à 22 mettent en regard les unes des autres une série de coupes transversales à la même échelle, prises, de l'Ouest à l'Est, en des points différents du Witwatersrand : on y voit généralement se dessiner la courbure des reefs d'une façon assez régulière : ce qui est, du reste, naturel pour un ensemble de terrains, composé de bancs homogènes régulièrement superposés et, jusqu'à un certain point, indépendants, qui, soumis à un effort mécanique intense de plissement, ont dû se courber en glissant légèrement les uns sur les autres, comme les cartes d'un jeu qu'on essayerait d'infléchir en rapprochant ses deux extrémités.

Ces glissements des strates les unes sur les autres sont, sans doute, la cause des nombreuses salbandes argileuses, à concentrations de minéraux géodiques, produit d'une friction des deux bancs contigus suivant une faille longitudinale ; et c'est à eux également qu'il faut probablement attribuer les cassures parallèles à la direction des couches, suivant lesquelles, par un bâillement des strates, sont souvent montés des épanchements de roches éruptives, ou dykes (diabases, porphyrites, etc.).

Les accidents transversaux, qui ont pu, soit se produire par déchirure des bancs ainsi courbés, soit avoir lieu postérieurement, n'ont, en somme, qu'une importance restreinte dans le Rand, où les couches peuvent être considérées, par comparaison avec ce qu'on observe généralement dans les terrains primaires, comme des plus régulières. Il faut seulement noter, à ce sujet, parmi les accidents parallèles à la direction des couches, le nombre anormal des failles inverses, qui s'élève, paraît-il, quand on fait le compte exact, à près de 70 p. 100, et donne aux coupes des gisements une allure en écailles imbriquées très particulière.

Résumé des observations sur les conglomérats aurifères. — En résumé, les principaux faits d'observation, dont le groupement peut conduire à une explication plausible au sujet de la genèse de ces minerais mystérieux, sont les suivants pour la série du Main-Reef[1].

1° Le minerai d'or est un conglomérat, ou, rarement, un grès quart-

[1] Voir comme théories récentes sur la formation des conglomérats aurifères : G. F. Becker. *The Witwatersrand Banket* (Washington, 1897) ; Julius Kunz (Trans. geol. Soc. of South Africa, t. I, p. 120) ; Aug. Prister. *On the origin and formation of the Witwatersrand auriferous deposits* (Trans. of the geol. Soc. of South Africa, mai 1898) ; Bordeaux. *Mines d'or de l'Afrique du Sud* (1898). — Je laisse, bien entendu, de côté la série du Black-Reef, dont le mode de formation est tout différent.

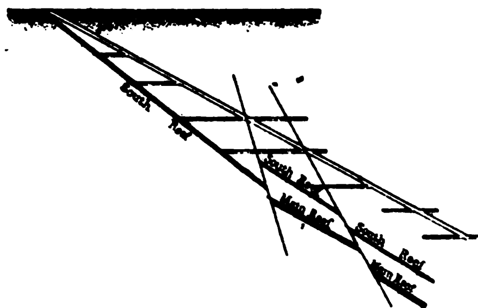


Fig 17. — Coupe transversale à la City and Suburban, par le puits incliné principal.

Échelle au $\frac{1}{6\,666}$.

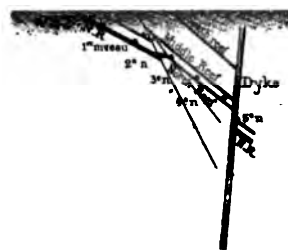


Fig. 18. — Coupe transversale à la Geldenhuis Estate.

Échelle au $\frac{1}{5\,333}$.

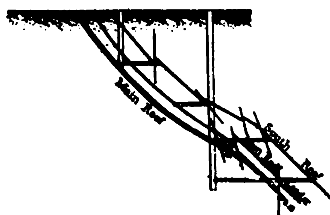


Fig. 19. — Coupe à la Meyer and Charlton, par les 2 puits verticaux.

Échelle au $\frac{1}{5\,333}$.

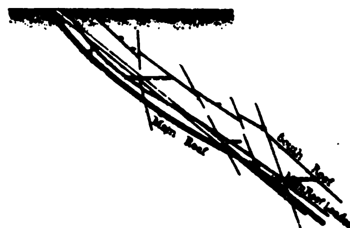


Fig. 20. — Coupe à la Meyer and Charlton, par le puits incliné principal.

Échelle au $\frac{1}{5\,333}$.

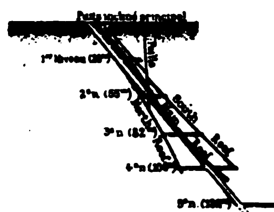


Fig. 21. — Coupe à la George Goch, par le puits incliné principal. (Mine de l'Ouest).

Échelle au $\frac{1}{5\,333}$.

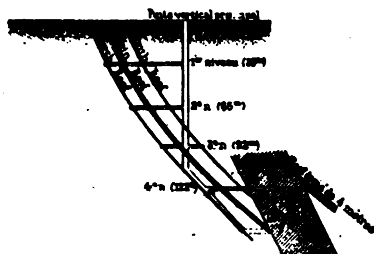


Fig. 22. — Coupe à la George Goch, par les travers bancs et le puits. (Mine de l'Est).

Échelle au $\frac{1}{5\,333}$.

zite, dont les éléments roulés, galets et grains de sable, sont, presque exclusivement, formés de quartz, ou, accessoirement, de quartzite, et dont le ciment est constitué de silice pyriteuse et aurifère, avec minéraux de métamorphisme, chloritoïde, muscovite, etc. Ces galets sont, tantôt bien arrondis, tantôt simplement émoussés aux angles, souvent aplatis, parfois disloqués sur place ;

2° Les couches contenant de l'or en proportion plus ou moins forte, exploitable ou non, sont réparties sur plusieurs milliers de mètres d'épaisseur de terrains formés de grès et de conglomérats, avec rares intercalations de schistes à la base et sans aucun banc calcaire.

Ces divers bancs de conglomérats aurifères présentent localement des variations constantes d'épaisseur et de distance entre eux : on les voit s'étirer, parfois se bifurquer pour englober une masse de grès et se réunir plus loin ; néanmoins, la plupart du temps, un banc de conglomérat ou de grès, qui semble apparaître brusquement, n'est que l'exagération d'une couche précédemment marquée par un simple indice (délit sableux ou cordon de galets disséminés) et la coupe présente, dans l'ensemble, d'un bout à l'autre de la zone aurifère, une certaine constance, la richesse en or semblant, en moyenne, autant qu'on peut en juger d'après des observations encore très incomplètes, toujours localisée dans les mêmes séries de bancs ;

3° Les phénomènes mécaniques, postérieurs à la formation des conglomérats, sont nombreux et nets. En premier lieu, on doit noter, dans cet ordre d'idées, l'inclinaison des couches et leur allure en synclinal Est-Ouest, qui est le résultat d'un plissement postérieur, la pente actuelle des reefs étant absolument incompatible avec les conditions du dépôt. On remarque également : la présence de véritables salbandes argileuses, correspondant à des surfaces de glissement et de broyage ; les failles, pour la plupart inverses et parallèles à la direction des couches, qui affectent une allure en écailles imbriquées, effet probable d'un refoulement venu du sud, et les dykes de roches éruptives ;

4° L'or, dans les minerais, est souvent à l'état libre, mais toujours invisible à l'œil nu et très fin ; il est constamment associé à la pyrite, sans lui être, ce semble, combiné ; la teneur en or n'est pas nécessairement proportionnelle à l'abondance de la pyrite, et souvent on peut voir l'or, au microscope, en cristaux englobés dans la pyrite même. Cette pyrite, qui arrive aisément à former 5 p. 100 en poids de la roche, est, en général, remarquablement pure et contient seulement, par exception, des traces de cuivre, plomb et zinc ;

5° L'or et la pyrite se trouvent, presque exclusivement, dans le ciment des galets quartzeux, qui, eux-mêmes, quelle que soit leur taille, n'en contiennent presque jamais, sauf, très rarement dans des fissures, ou dans des couches d'un caractère spécial, comme celle de Rip ;

6° La pyrite aurifère est en grains isolés, irrégulièrement répartis dans le ciment siliceux ; souvent elle forme des traînées de grains, rarement des veinules continues autour d'un fragment de quartz, comme on en observe fréquemment dans les filons. Les traînées de grains pyriteux peuvent être, soit parallèles à la stratification générale, soit obliques sur elle et correspondant à une fausse stratification des sédiments. Cette pyrite, examinée à la loupe ou au microscope, apparaît parfois roulée ou cassée, notamment dans le cas des veinules parallèles ; plus souvent, elle est bien cristallisée, et présente des angles aigus, des arêtes nettes, difficiles à concilier avec une trituration prolongée ;

7° Il y a une corrélation universellement reconnue entre la dimension des galets et la richesse en or, dans une portion limitée des mêmes couches. Les grès fins ne sont que très exceptionnellement aurifères et seulement le long de certains cordons de galets disséminés, peu visibles ; dans les conglomérats eux-mêmes, on considère, comme particulièrement riches, les couches à gros galets, surtout celles qui se trouvent souvent à la base d'un banc.

Dans une couche déterminée, les minerais réputés de bon aspect sont, en général, ceux à galets un peu gros, assez largement espacés sans l'être trop, dont le ciment présente une teinte sombre, due tant à la nature spéciale des quartz qu'à l'abondance des pyrites. Mais, d'une couche à l'autre, même quand ces couches sont très voisines comme le Main-Reef Leader et le Main-Reef, ni l'allure ni la dimension des galets ne permettent de préjuger de la richesse. Avec un aspect identique, le Main-Reef, beaucoup plus épais, sera pauvre, tandis que le Main-Reef Leader sera riche ;

8° Dans un banc de conglomérats, la richesse en or n'est nullement, comme dans les placers aurifères, concentrée toujours à la base : ou bien elle est répartie uniformément dans toute la masse ; ou, si elle se localise dans un banc, ce banc peut être à la partie supérieure comme à la partie inférieure de la couche, bien que le second cas soit plus fréquent ;

9° Dans un même banc, la teneur en or à la tonne paraît, sans que la règle présente une généralité absolue, être d'autant plus forte que l'épaisseur est plus faible, comme s'il n'y avait eu qu'une quantité d'or déterminée à répartir sur toute l'épaisseur du banc ; la comparaison des bancs minces et riches du Main-Reef Leader et du South-Reef avec le banc épais et relativement pauvre du Main-Reef, intercalé entre eux, pourrait donner lieu à une remarque analogue ;

10° Un certain nombre de reefs, souvent très riches, se trouvent au contact de bancs de schistes, intercalés entre ceux-ci et les quartzites (East Rand, Van Ryn, Modderfontein, Nigel, etc.).

Hypothèses sur la formation des conglomérats aurifères. — Essayons maintenant de voir comment ces divers faits peuvent se concilier dans une même interprétation.

Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, si nous considérons d'abord la formation des quartzites et conglomérats, indépendamment de l'or qui s'y rencontre, nous croyons que l'on a affaire là à des dépôts très étendus, et nullement restreints à la petite cuvette lacustre que l'on a parfois imaginée: dépôts d'origine peut-être marine [1], ayant commencé par être à peu près horizontaux et devant leur allure et leur inclinaison actuelles à un plissement postérieur, qui y a constitué un grand synclinal Nord-Est-Sud-Ouest.

Quant à la présence de l'or, qui n'est, en aucune façon, nécessairement liée au développement des conglomérats et doit, au contraire, selon toutes vraisemblances, constituer un fait relativement local, toutes les hypothèses que l'on peut tenter pour l'expliquer, se ramènent forcément à trois : l'or a-t-il été formé avant, pendant ou après le conglomérat ?

Les trois théories correspondantes, que je vais exposer impartialement et sans conclure, prêtent, il faut bien le dire, toutes à des objections telles que l'origine de ces gisements doit continuer à être considérée, en dépit de toutes les tentatives faites pour l'expliquer, comme extrêmement obscure. Je ne crains pas d'avouer que, plus je réfléchis au problème et plus j'en envisage les diverses données complexes et contradictoires , plus j'hésite à me prononcer dans un sens ou dans un autre.

La première hypothèse, qui, en raison de sa simplicité, se présente immédiatement à l'esprit et que j'ai moi-même commencé par défendre avant d'avoir visité le Transvaal, — ainsi que l'ont fait MM. Schmeisser, Goldmann, Becker, etc., après une étude approfondie — est celle d'un placer de la période primaire, résultant de la destruction de grands filons aurifères et de leur préparation mécanique, suivie d'une recristallisation du ciment pyriteux et siliceux par métamorphisme.

Il y aurait eu, à l'époque marquée par la série d'Hospital-Hill, dans le Witwatersrand, destruction de veines aurifères, analogues à celles qui, un peu plus tard, imprégnèrent les schistes de Barberton. Peut-

[1] La grande extension du phénomène, dont on croit retrouver des traces aux extrémités opposées de l'Afrique Australe, la régularité relative des couches, la présence fréquente de galets aplatis sont plutôt des caractères d'un dépôt marin que d'un dépôt lacustre. Mais les dépôts de galets côtiers n'ont généralement qu'une très faible largeur transversalement à la côte. On pourrait peut-être penser aussi à de vastes formations fluviatiles, à des deltas torrentiels étalés dans une plaine d'alluvions, comme celle de la Lombardie. Dans tous les cas, les conglomérats ont dû s'étendre, au Nord et au Sud du Witwatersrand, loin au delà de leurs limites actuelles et n'y ont disparu que par l'effet des érosions postérieures.

être même ces filons auraient-ils été démantelés et leurs débris stratifiés presque sur place, au moment même où ils se constituaient.

A l'appui de cette théorie, on peut faire valoir, outre une certaine vague similitude générale avec les placers californiens, l'existence, mentionnée plus haut, dans les conglomérats du Transvaal, de zones pyriteuses formant des sortes de lits stratifiés, la présence fréquente d'un peu de pyrite roulée microscopique, etc. L'hypothèse en question explique assez bien, comment, dans les conglomérats à trop gros galets (Rip, etc.), il y a, à côté de nids très riches en or, des parties absolument stériles, la préparation mécanique ayant été incomplète ; tandis que, là où se déposaient les sédiments trop fins, les eaux n'avaient plus assez de vitesse pour maintenir la pyrite en suspension ; une dimension intermédiaire des éléments triturés (qui semblerait cependant avoir dû être beaucoup plus fine qu'on ne l'observe en réalité) aurait, dans cette idée, été favorable à la précipitation simultanée de la pyrite. Ajoutons que la constance et la régularité relative des dépôts, difficilement explicables dans toute hypothèse, peuvent, à la rigueur, être rapprochées de ce qu'on observe dans les plus anciennes alluvions aurifères de Californie. La présence de plusieurs lits aurifères superposés, séparés par des dépôts à éléments plus fins, est également un fait constaté dans les placers. Enfin, l'on connaît, en Californie, de nombreux cas, où un ciment siliceux avec pyrite cristalline est venu ressouder un gravier alluvionnaire.

Les objections, à cette théorie sont, par contre, les suivantes :

Tout d'abord, si l'on considère un banc déterminé, la préparation mécanique des galets, poussée à ce point de sélection d'en avoir éliminé toute roche moins dure que le quartz, suppose, nécessairement, ou un long transport torrentiel d'au moins 20 ou 25 kilomètres, ou une trituration sur place très prolongée par l'action des vagues [1]. Bien que la pyrite associée soit très fine et puisse, par conséquent, être restée en suspension dans l'eau, on s'explique difficilement, si elle provient des mêmes roches qui ont fourni ces quartz, comment, dans le cas du torrent, elle ne s'est pas déposée plus tôt et, dans le cas des vagues marines, comment elle s'est concentrée entre les galets au lieu de le faire sur les sables fins, ainsi que cela arrive généralement aux produits durs, grenat, fer oxydulé, étain oxydé, corindon, rutile, pyrite même, stratifiés mécaniquement de nos jours sur certaines plages ; comment aussi cette pyrite est si souvent cristalline.

[1] Les sables des plages sont généralement quartzeux par l'effet de cette préparation mécanique ; leurs galets marquent également une concentration des roches dures de la côte, telles que les silex. Remarquons, d'ailleurs, que la présence de galets, tels que ceux du Main-Reef, suppose nécessairement, à l'eau qui les a déplacés et concentrés, une vitesse notable d'au moins $0^m,60$ à 1 mètre par seconde.

Admettons cependant, par exemple, l'étalement progressif d'un grand delta marin, repris et remanié par les vagues et les courants côtiers ; pourquoi, si les galets de quartz, et la pyrite du ciment proviennent, comme on le suppose, des mêmes filons démantelés, les galets quartzeux sont-ils si rarement aurifères ? A cela, on peut, il est vrai, essayer de répondre que les parties pyriteuses des quartz, étant les plus friables, ont été les plus complètement détruites et que les fragments se sont fendus suivant les veinules de pyrite aurifère, constituant des lignes de moindre résistance, tandis que les noyaux stériles résistaient. Mais il est évidemment plus vraisemblable d'en conclure que galets et pyrite ont une origine différente : les galets provenant de veines quartzeuses, qui pouvaient, de leur côté, renfermer par hasard quelques traces de pyrite, ou même d'or, comme cela arrive constamment aux veines quartzeuses du Transvaal ; ce qui suffirait à expliquer la présence (je le répète, très rare) d'un peu d'or dans ces galets.

Enfin, l'objection la plus grave est que, ces filons, d'où proviendrait la pyrite aurifère, on ne les connaît pas, on ne les a pas trouvés, malgré une exploration maintenant bien complète du pays. Or, si des galets de quartz semblables peuvent venir d'une centaine de kilomètres, il est bien invraisemblable que la pyrite ait franchi les 250 ou 300 kilomètres, qui séparent Johannesburg de Barberton ou de Lydenburg, (sans compter que, si les schistes de Lydenburg sont réellement contemporains des conglomérats de Witwatersrand, les filons-couches, qu'on y observe, sont nécessairement postérieurs aux uns comme aux autres et n'ont pu, par suite, fournir de l'or détritique avant de se former); quand il se stratifie des noyaux de pyrite sur nos côtes, c'est au pied même des falaises crayeuses, auxquelles ils sont arrachés. Une vingtaine de kilomètres semble la distance maxima, à laquelle on doive logiquement chercher [1]. Faut-il alors admettre que, depuis l'époque où se sont constitués les conglomérats, les filons, dont ils proviennent, ont été détruits jusqu'à la racine ? Cette idée est assez conforme, tant avec l'opinion que l'on peut se faire de l'érosion énorme, à laquelle l'Afrique australe a dû être soumise qu'avec la thèse générale, soutenue maintes fois en ce volume, sur la disparition du type filonien à une certaine profondeur de l'écorce (généralement atteinte en Afrique), pour faire place à des imprégnations, plus directement dérivées sous pression des magmas éruptifs. On ne peut cependant se dissimuler qu'une telle réponse satisfait incomplètement l'esprit.

Dans la seconde supposition, celle de l'apport interne de la pyrite

[1] Le long d'un cours d'eau, qui charrie de l'or, le transport de l'or peut se faire à des distances relativement grandes ; mais alors il ne s'étale pas sur 70 kilomètres de long et plusieurs kilomètres de large.

aurifère, au moment où se déposaient des sédiments, il y aurait eu, sur une plage où des fragments de quartz, d'une origine quelconque, étaient triturés et roulés par les vagues, de l'or et du sulfure de fer (amenés peut-être par quelque phénomène filonien), en dissolution dans l'eau ; ces substances se seraient alors précipitées chimiquement, comme les sulfures cuprifères du Mansfeld en Allemagne, ou les nodules plombifères des grès de Commern et de Mechernich, dans la Prusse Rhénane, ou encore les minerais de cuivre associés aux conglomérats du Boleo et, roulées sur place par les flots, se seraient déposées plus ou moins pêle-mêle avec les galets [1]. Pour tenir compte de ce fait caractéristique que l'or est presque exclusivement dans les conglomérats et non dans les grès intermédiaires, on pourrait admettre l'influence d'une certaine préparation mécanique, ayant, dès leur formation, concentré l'or et la pyrite, en leur qualité d'éléments lourds, avec les galets les plus gros, comme cela s'est passé pour tous les dépôts d'alluvions aurifères. Peut-être surtout devrait-on remarquer que le passage d'un grès à un conglomérat dans une série de dépôts sédimentaires correspond, soit directement à un mouvement du sol, soit à une modification dans le régime des courants (qui a pu être produite par un mouvement du même genre) et supposer, dès lors, que ce mouvement aurait amené, chaque fois, un épanchement de sources sulfureuses ou chlorurées, renouvelant les éléments métallifères en dissolution dans l'eau.

C'est ainsi qu'au Boléo, à trois reprises différentes, le retour d'une formation de conglomérats a déterminé une précipitation presque simultanée du cuivre.

De même, dans les gisements du Lac Supérieur, qui, au métal près, offrent de grandes analogies avec ceux du Witwatersrand, le cuivre s'est concentré dans le ciment de conglomérats.

Il n'est pas difficile d'expliquer, dans cette théorie, la présence de a pyrite cristalline, à côté de la pyrite roulée, soit par une recristallisation très vraisemblable, soit par le cas de grains pyriteux directement précipités et ayant échappé à l'action des vagues. Rien n'empêche, non plus, de supposer que les eaux chargées de sels métalliques aient pénétré dans les couches antérieurement déposées et recouvertes par la mer, en circulant de préférence dans les interstices les plus larges, produits par les gros galets et se précipitant sur eux ; de toutes

[1] Le fait que des galets de pyrite, toujours si friables, ont pu résister, donne à penser qu'ils ont été roulés presque sur place et n'ont pas subi le long transport qu'il faudrait supposer s'ils étaient arrivés avec les galets de quartz. D'autre part, l'état anguleux de beaucoup de ceux-ci est peut-être attribuable à ce qu'à peine fragmentés ils se sont trouvés saisis dans un précipité de silice gélatineuse et chargée de sulfure de fer, qui se sera formé autour d'eux, en les emprisonnant.

façons, les surfaces des galets ont dû exercer une action précipitante, et le dépôt a dû se former sur eux, comme on le constate fréquemment pour des cailloux placés dans une eau ferrugineuse ou calcaire, qui se recouvrent bientôt de rouille ou de carbonate de chaux.

La précipitation de l'or en dissolution n'est pas non plus difficile à concevoir, et il n'est pas nécessaire de démontrer la présence de matières organiques réductrices (dont il existe pourtant des exemples à Buffelsdoorn, etc.) : l'or est précipité de ses dissolutions par toute espèce d'influences, entre lesquelles on n'a que l'embarras du choix[1].

Enfin, l'origine première de l'or peut être attribuée, soit à des sources chaudes tenant de l'or et de la silice en dissolution, comme celles auxquelles on attribue la formation des quartz aurifères filoniens, soit même, si l'on veut, à la destruction de filons de ce genre, mais destruction suivie ici d'une dissolution chimique, au lieu d'être limitée à une simple préparation mécanique.

Une première objection à cette hypothèse, c'est qu'il faut supposer, à bien des reprises, pendant le laps énorme de temps où les diverses couches de la série d'Hospital-Hill ont dû se former, le retour très fréquent, dans ce bassin sédimentaire, de sulfures de fer et de chlorure d'or en dissolution, sans que l'éruption simultanée d'aucune roche éruptive (comme au Lac Supérieur, comme au Boléo) apporte un commencement d'explication à ce phénomène.

En outre, on se représente mal cette précipitation chimique de sulfures métallifères dans les eaux violemment agitées et brassées, qui remuaient ces masses de galets. Nous sommes habitués à voir plutôt les précipités chimiques se déposer dans les eaux calmes, concentrées par évaporation.

Enfin, la localisation de l'or dans les couches à gros galets n'est qu'incomplètement expliquée.

La troisième théorie, qui présente des côtés séduisants, mais donne prise à des difficultés peut être encore plus graves, consiste à admettre que la venue pyriteuse aurait été postérieure au dépôt des lits de sable et galets stratifiés et que nous aurions affaire là à un dépôt filonien hydrothermal profond d'un type spécial, où les eaux métallisantes, au lieu de circuler, comme d'habitude, dans les fissures du terrain, se seraient insinuées dans les interstices des galets ainsi qu'à travers un filtre, en précipitant des sels à leur surface ; il se serait passé là

[1] On peut considérer, comme venant à l'appui de cette idée, un fait sur lequel le docteur Koch (in Schmeisser, *loc. cit.*, p. 50) a beaucoup insisté et qui résulte de ses observations microscopiques : c'est que l'or libre des conglomérats n'est pas de l'or charrié, mais de l'or cristallisé par phénomène secondaire, après avoir été en dissolution.

quelque chose d'analogue en plus grand à ce que l'on admet pour le gîte de cinabre d'Almaden, où le sulfure de mercure, accompagné de silice, d'hydrocarbure et d'un peu de sulfure de fer, paraît avoir imprégné des bancs de grès poreux dans toute l'étendue de certaines strates. Il y aurait eu, dans des couches de sables et de galets, des sortes de grandes nappes aquifères souterraines, contenant, à l'état de dissolutions, de la silice, du sulfure de fer et du chlorure d'or, qui se seraient pris en masse comme une gelée[1]. Autrement dit, la pyrite aurifère serait un élément de métamorphisme au même titre que les chloritoïdes ou les muscovites. De la sorte, le gîte du Witwatersrand deviendrait un simple cas particulier dans l'ensemble des formations pyriteuses aurifères de l'Afrique du Sud, que nous considérons toutes comme résultant d'une imprégnation souterraine, produite sous pression et en profondeur par des eaux métallisantes, venant d'un magma éruptif (granitique) et s'étant infiltrées, au voisinage de ce magma, dans les interstices ouverts, notamment dans les bâillements des couches schisteuses, où elles ont pris leur forme prédominante de filons-couches. On supposerait que, soit pendant l'intrusion du granite ancien, soit pendant la période du Black-Reef[2], soit même ultérieurement, un grand phénomène d'émanation sulfurée aurait affecté des terrains variables, dans les diverses parties de l'Afrique du Sud.

De cette manière, on n'a besoin d'invoquer qu'une seule venue sulfureuse au lieu d'en admettre toute une série; on rend compte de la localisation fréquente de l'or dans de petits conglomérats situés entre les quartzites et les schistes (le contact d'une couche schisteuse étant toujours propice à la circulation des eaux), et l'on explique également comment la venue aurifère est indépendante de la nature des galets, auxquels on n'attribue plus que le rôle d'un filtre mécanique, dont les éléments n'ont aucune raison pour renfermer de l'or par eux-mêmes; la localisation de l'or dans les couches à galets résulterait alors de ce que les interstices y étaient plus largement ouverts à la pénétration

[1] On peut considérer un peu comme une dérivée de cette troisième théorie, l'hypothèse de M. Prister, que j'avais déjà indiquée en passant (*loc. cit.*, p. 346), d'après laquelle l'or, séparé par précipitation mécanique dans un placer marin, aurait été redissous et aurait pénétré en descendant dans les couches inférieures, où il se serait précipité.

[2] Dans le Rand, ceux qui ne croient pas à la formation de placer admettent volontiers une relation de l'or avec les dykes de roches éruptives, qui, en effet, renferment parfois de la pyrite ou même de la pyrite aurifère, comme cela peut arriver à toutes les roches basiques de ce genre. J'ai discuté (*loc. cit.*, p. 324 et fig. 40), avec graphiques à l'appui, cette influence, qui ne me paraît pas exister. Il y a toutes les chances pour que les roches éruptives rencontrées dans les mines du Rand soient postérieures à la formation de l'or. Une relation avec d'autres magmas éruptifs plus anciens reste cependant possible et viendrait à l'appui de la troisième hypothèse, développée en ce moment.

des eaux que dans les sables des quartzites[1] et, si l'on admettait un rapport (à mon avis inexact), entre la richesse en or et les dykes de roches éruptives qui traversent les couches, ou entre la teneur et le degré de pente des couches, ces phénomènes deviendraient également très simples à comprendre[2].

Enfin, cette théorie expliquerait bien les variations de teneur, que l'on observe suivant la direction des affleurements en passant d'une concession à l'autre et, au contraire, la constance relative des zones riches ou pauvres, quand on s'enfonce suivant l'inclinaison, tandis que, dans l'hypothèse d'un placer, il devrait plutôt y avoir constance suivant une même ligne parallèle à la côte primitive et diminution progressive de richesse en s'éloignant de celle-ci transversalement[3].

Cette hypothèse a cependant le défaut de ne pas bien faire comprendre pourquoi des couches à galets de même grosseur et identiques comme structure physique sont, à quelques mètres de distance, les unes aurifères, les autres stériles, ni pourquoi la pyrite aurifère se cantonne dans un certain nombre de bancs déterminés, au lieu de se disséminer tout autour, suivant le hasard des conditions physiques du conglomérat. Dans le cas des filons-couches, qui sont réellement des filons, les veines métallifères, obliques à la stratification et passant d'un banc à l'autre, sont toujours fréquentes. Ici nous n'en connaissons pas d'exemple[4]. Enfin, ce qui est plus grave encore, cette théorie ne permet pas de comprendre la présence de pyrite roulée[5] et ne se concilie guère avec l'aspect général des grains de pyrite, tels qu'ils apparaissent au microscope.

Witwatersrand, 2° Résultats industriels. — Résumons maintenant, en quelques mots, les résultats obtenus dans le traitement industriel des gisements, qui viennent d'être décrits sommairement. Un premier

[1] Les apparences de stratification pyriteuse seraient alors attribuées à une infiltration du sulfure dans les délits d'un sédiment antérieur.

[2] On remarque, en général, que, dans les zones riches du Rand, telles que celle de la Robinson et de la Ferreira, ce n'est pas seulement un reef qui devient riche, mais tous à la fois. La théorie d'un enrichissement postérieur est celle qui explique le mieux ce fait, difficile à comprendre lorsqu'on admet des venues successives et, par suite, indépendantes l'une de l'autre : soit des apports mécaniques; soit des sédimentations chimiques.

[3] Il ne faut pas oublier que la direction de la côte ou du cours d'eau anciens peuvent n'avoir aucun rapport avec l'allongement du synclinal actuel.

[4] On ne peut considérer comme de tels filons les quelques veines de quartz blanc avec pyrite, qui forment des lentilles restreintes et presque toujours stériles au milieu des bancs de minerai.

[5] On pourrait, il est vrai, se demander si les galets de pyrite roulée n'auraient pas une origine distincte et indépendante de celle de la pyrite cristalline; mais il nous semble que c'est compliquer bien inutilement les hypothèses et que les deux catégories de pyrite ont, au contraire, dans leurs gisements, un rapprochement tout à fait intime.

tableau (I) donnera les variations de la teneur en or : teneur qui passe pour très forte et qui est, au contraire, en moyenne, assez faible.

TABLEAU I, DONNANT LA TENEUR EN OR RÉSULTANT DES BROYAGES PENDANT LA PÉRIODE AVRIL-SEPTEMBRE 1895

(d'après les tableaux publiés par la Chambre des Mines[1]).

NOMS des COMPAGNIES	TENEUR au broyage par tonne métrique. Amalgamation	TENEUR aux tailings. par tonne métrique. Cyanuration.	TENEUR totale par tonne broyée.	OBSERVATIONS
	gr.	gr.	gr.	[1]) Je me suis contenté, pour obtenir ces chiffres, de convertir la moyenne résultant des tableaux officiels en tonnes métriques et grammes. Pour déterminer la teneur totale, j'ai tenu compte de la proportion, généralement admise, des tailings traités par rapport aux tonnes de minerai broyées, proportion qui est des deux tiers. C'est pourquoi la teneur totale n'est pas la somme des deux colonnes précédentes. Il est à noter que ces résultats ne sont pas absolument comparables, l'or produit par les diverses mines n'étant pas également fin ; ainsi, pour l'or résultant de l'amalgamation, en septembre 1895, il ressort des mêmes tableaux que l'once d'or (31,103 gr.) a valu 91,30 fr. au Champ d'or, 88 fr. 20 à la Ferreira, 94,50 fr. au Nigel, 97,10 fr. à la Robinson. De même, l'or tiré par la cyanuration des tailings a valu, dans le même mois, 83,10 fr. l'once à la Crown Reef, 75,20 fr. à la Jubilee, 83 fr. 80 à la Robinson. En moyenne, on peut compter 90 francs par once d'or brut. Néanmoins, ces différences d'une mine à l'autre sont du même ordre que celles qui se produisent, dans une même mine, d'un mois au suivant, et on peut, par suite, considérer les résultats ci-joints comme suffisamment approximatifs.
Champ d'or.	17,22	8,61	22,90	
Cily and Suburban . . .	12,10	6,95	16,69	
Crown-Reef.	14,31	8,03	19,61	
Durban Roodepoort. . .	16,44	10,10	23,10	
Ferreira	36,54	13,96	45,75	
Geldenhuis Estate. . . .	12,54	7,47	17,47	
Geldenhuis Main-Reef. .	14,35	11,43	21,90	
George and May	9,55	10,12	16,23	
Georges Goch.	10,50	10,27	17,27	
Ginsberg.	17,07	8,91	22,94	
Glencairn.	14,25	10,75	21,34	
Henry Nourse.	22,21	13,22	30,83	
Johannesburg Pionneer.	23,69	14,72	33,40	
Jubilee.	16,53	8,38	22,05	
Jumpers	15,54	6,21	19,63	
Lancaster.	9,60	8,09	14,93	
Langlaagte Estate . . .	13,01	5,11	16,38	
Langlaagte Royal. . . .	6,32	5,39	9,87	
Langlaagte United . . .	7,81	9,03	13,78	
May Consolidated. . .	11,91	7,76	17,03	
Metropolitan	9,97	6,37	14,31	
Meyer and Charlton. . .	18,54	7,52	22,54	
New Chimes	16,47	5,23	19,91	
New Crœsus	7,03	3,64	9,43	
New Heriot.	16,53	15,16	26,53	
New Kleinfontein. . . .	11,81	5,31	15,31	
New Primrose.	11,32	7,80	16,47	
New Rietfontein.	15,67	7,25	20,44	
Nigel.	26,65	27,62	44,87	
Paarl Central.	13,47	9,50	19,73	
Porges Randfontein. . .	17,33	4,46	20,27	
Princess Estate.	16,53	7,76	21,65	
Robinson.	32,58	8,83	38,40	
Salisbury.	16,70	9,12	22,71	
Simmer and Jack. . .	16,38	7,07	21,12	
Stanhope.	12,26	10,36	19,20	
United Main-Reef. . . .	19,21	8,95	25,11	
Van Ryn	15,82	6,16	19,88	
Wemmer.	24,38	10,93	31,58	
Wolhuter.	15,51	9,02	21,46	
Worcester	28,62		28,62	

En ce qui concerne ces rendements, il convient de faire une remarque capitale, c'est qu'ils ne peuvent être comparés les uns aux

autres que d'une manière tout à fait approximative. En effet, si une mine n'exploite qu'une couche riche, en laissant de côté, pour l'avenir, les couches pauvres (ce qui arrive, par exemple, quand elle ne dispose que d'une très petite batterie), la teneur apparente moyenne de ses minerais paraîtra plus forte que dans la mine voisine, où l'on aura commencé l'exploitation en grand de quelque reef relativement pauvre : le minerai de ce dernier venant s'ajouter au minerai extrait des couches riches ; d'une façon générale, on dit, dans le Rand, sous une forme un peu bizarre au premier abord et dont il ne faudrait pas exagérer les conséquences, qu'augmenter le nombre des pilons d'une mine a pour effet d'accroître la quantité d'or qui y est contenue, tout en diminuant la teneur de ses minerais. De même encore, si l'on fait un triage très complet, on aura une teneur plus forte à la tonne broyée, mais se répartissant sur un nombre de tonnes moindre.

Cette observation s'applique également aux comparaisons que l'on peut établir entre les teneurs du minerai d'une même mine à diverses époques. Une diminution progressive des rendements peut résulter souvent de ce que, les frais d'exploitation se réduisant de plus en plus et les dimensions des batteries augmentant sans cesse, on est amené à extraire des minerais de plus en plus pauvres, jusque-là négligés : ce qui, naturellement, se traduit par une diminution de teneur moyenne, mais aussi par une augmentation définitive de la production d'or.

Les frais d'exploitation et de traitement par tonne métrique de minerai, non compris l'amortissement des installations, variaient, en 1896, de vingt-deux francs par tonne à quatre-vingt francs et étaient, en moyenne, de trente-deux à trente-cinq francs. Depuis cette époque, on est dans une période transitoire, qui ne permet pas de se prononcer sur ce que seront ces frais dans l'avenir sous un régime plus stable ; il est impossible de prévoir, notamment, le supplément de charge, qui résultera, pour les mines, des impôts anglais, destinés à faire payer par les actionnaires les frais de la conquête.

La proportion relative des diverses dépenses était la suivante :

NOMS DES MINES	SALAIRES blancs.	SALAIRES noirs.	EXPLOSIFS (dynamite).	CHARBON	FOURNITURES diverses.	TOTAL
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	
Durban Roodepoort.	18,73	33,82	11,46	8,10	26,08	100
Geldenhuis.	25,30	31,00	14,20	10,00	19,50	100
Simmer and Jack. .	26,04	37,43	16,51	9,40	10,62	100
Jumpers.	21,7	37,90	14,40	9,10	16,90	100

C'est-à-dire que les dépenses de main-d'œuvre entrent, dans toutes

les mines, pour 52 à 63 p. 100 et, sur ce total, la main d'œuvre noire pour 31 à 38 p. 100.

Par l'exploitation de ces conglomérats, le Transvaal était devenu, en 1895, et est resté, jusqu'à la guerre de 1899, le premier pays producteur de l'or dans le monde entier, la production comparative ayant été la suivante[1] :

PAYS PRODUCTEURS D'OR	1895	1898
	kilos	kilos
Transvaal	76 936	118 913
Etats-Unis	70 708	96 995
Australie	68 811	93 002
Russie	38 875	33 692
Autres pays	55 917	87 235
Totaux	311 247	429 837

La production totale d'or dans le monde entier a été d'environ 1 480 000 000 francs en 1898 ; 1 606 000 000 en 1899 ; 1 289 000 000 en 1900.

En milliers de francs, la production du Witwatersrand a été la suivante, de mois en mois, depuis l'origine[2] :

TABLEAU II. PRODUCTION AURIFÈRE DU WITWATERSRAND
(*En milliers de francs*).

MOIS	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893
Janvier	»	666	2 320	3 185	4 841	7 691	9 862
Février	»	1 108	2 043	3 356	4 557	7 885	8 485
Mars	»	1 089	2 540	3 437	4 818	8 485	10 144
Avril	»	1 287	2 459	3 521	5 129	8 696	10 196
Mai	80	1 219	3 187	3 534	4 975	9 048	10 638
Juin	66	1 162	2 809	3 405	5 083	9 396	11 184
Juillet	21	1 518	2 829	3 590	4 998	9 216	11 481
Août	128	1 694	2 777	3 900	5 375	9 311	12 382
Septembre	176	1 842	3 107	4 139	5 969	9 814	11 792
Octobre	366	2 472	2 931	4 117	6 624	10 207	12 438
Novembre	497	2 441	3 068	4 257	6 678	9 718	12 616
Décembre	769	2 437	3 553	4 582	7 308	10 715	13 320
Total	2 103	18 935	33 623	45 023	66 355	110 182	134 938

[1] Dans ce tableau, l'once d'or de 31,103 gr. a été comptée à 91 francs ; par suite de l'habitude fâcheuse qu'ont eue, jusqu'en 1900, les mines du Transvaal de donner leurs statistiques en *or brut* et non en or fin, ces chiffres ne peuvent être absolument précis.

[2] Il faut ajouter à ce tableau, pour être complet, 7 830 kilos (251 767 onces) d'or brut, produits dans les trois premiers mois de 1900, et 7 433 kilos (238 991 onces) d'or fin, produits dans les huit derniers mois de 1901.

MOIS	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1902
Janvier. . . .	13 633	16 149	13 484	19 110	30 667	39 221	7 240
Février. . . .	13 820	15 405	15 197	19 201	29 214	39 018	8 344
Mars.	15 048	16 829	15 925	21 112	31 668	42 653	10 712
Avril.	15 355	16 955	16 107	21 476	32 123	42 363	12 318
Mai.	15 449	17 706	17 745	22 568	33 115	42 942	14 275
Juin	15 302	18 285	17 654	22 850	33 120	43 102	14 729
Juillet	15 283	18 150	18 564	22 022	34 762	44 032	15 162
Août.	15 922	18 525	19 292	23 660	36 218	44 390	
Septembre . .	16 080	17 723	18 473	23 842	37 219	39 500	
Octobre . . .	15 777	17 531	18 200	24 934	38 493	1 930	
Novembre . .	15 952	17 764	18 291	27 027	36 674	5 983	
Décembre . .	16 571	16 237	18 837	28 301	41 131	7 141	
Total . . .	184 192	207 259	207 620	276 155	414 505	392 295	

En résumé, la production aurifère totale, depuis l'origine, c'est-à-dire du 1er mai 1887 au 1er août 1902, a atteint, en chiffres ronds, 2 milliards :

Francs.	1 983 000 000
Onces	21 762 000
Kilogrammes.	670 000

Le total des dividendes distribués par ces mêmes mines a été, jusqu'à la guerre anglo-boër, le suivant :

1887.	535 000
1888.	2 536 500
1889.	10 636 000
1890.	5 346 000
1891.	11 349 000
1892.	22 254 000
1893.	22 480 000
1894.	37 232 000
1895.	66 015 000
1896.	68 000 000
1897.	69 899 000
1898.	127 062 000
Total.	443 344 500

Pendant le dernier mois, où la marche des travaux a été normale, en août 1899, il a travaillé, dans le Rand, 5 970 pilons, qui ont broyé 731 250 tonnes et produit 14 700 kilogrammes d'or (459 709 onces) valant 41 300 000 francs. On occupait alors 90.000 noirs. En 1896, le nombre des pilons actifs était seulement de 2615.

Ce même mois d'août 1899, la production totale du Transvaal, y

compris les autres districts accessoires, dont il va être question, est montée aux chiffres suivants :

	kil.	francs.
Witwatersrand.	14 700	41 300 000
Lydenburg (Pilgrimsrest).	351	1 260 000
De Kaap (Sheba).	273	1 053 000
Klerksdorp (Buffelsdoorn)	82	442 000
Total (inclus autres mines).	15 550	57 363 000

Districts de Krugersdorp, Klersksdorp et Heidelberg[1] **(conglomérats aurifères)** (fig. 5, p. 45). — Parmi les districts accessoires du Transvaal, j'en décrirai d'abord quelques-uns, qui se rattachent intimement au Witwatersrand ; car ils semblent en faire la suite et l'on y exploite les mêmes conglomérats aurifères. Cette continuité possible d'une formation semblable entre Heidelberg, Johannesburg et Klerksdorp, sur près de 250 kilomètres de long, est même, pour le dire en passant, à elle seule, un fait des plus extraordinaires.

Le *district de Krugersdorp*, est la continuation très directe du Witwatersrand, dont les couches, arrivées dans cette région Ouest, se recourbent et, au lieu d'une direction Est-Ouest, en prennent une N. E.-S. O. Industriellement, on n'a exploité là, jusqu'ici, que des mines assez mystérieuses, avec gisements problématiques, formant le groupe des Randfontein : mines, dont les dirigeants, le groupe Robinson, évitent avec le plus grand soin toute visite indiscrète et ne compensent pas, par la distribution de dividendes réguliers, ces obstacles opposés aux vérifications techniques. D'après divers géologues, ces mines des Randfontein ne porteraient que sur des couches accessoires et les véritables couches aurifères se trouveraient plus à l'Ouest, masquées par la série de la dolomie.

Plus au Sud-Ouest, dans le *district de Klerksdorp*, la seule mine exploitée par intermittence, la Buffelsdoorn s'est fait surtout connaître désavantageusement par les pertes qu'elle a occasionnées aux spéculateurs. Il existe là une couche de quartzite (et non plus de conglomérat) aurifère, présentant cette particularité géologique que la pyrite y est associée avec une matière charbonneuse. Le banc de quartzite, où se rencontre l'or, a une grande épaisseur, qui atteint 6 à 7 mètres et l'or y est très irrégulièrement disséminé, sans que des caractères extérieurs bien nets signalent sa présence ou son absence. La teneur moyenne est, par contre, très faible et suffirait à expliquer les déboires des actionnaires, même si l'exploitation avait été honnêtement dirigée.

[1] Voir, pour la description plus complète de ce district, outre mon ouvrage sur le Transvaal : Bordeaux, *Mines de l'Afrique du Sud*, p. 56 à 65.

Enfin, le *district de Heidelberg*, sur lequel on s'était porté avec un enthousiasme injustifié en 1895, croyant retrouver là un autre Witwatersrand, n'est intéressant que par la présence, constatée en ce point, de conglomérats aurifères, analogues à ceux de Johannesburg, bien que généralement pauvres. Aucun résultat pratique n'a encore été obtenu dans ce district, si ce n'est, tout à fait à son extrémité Nord, la plus proche du Rand, dans les mines du Nigel, où l'on exploite fructueusement un banc mince de conglomérat à très petits galets, superposé à des schistes avec magnétite : réapparition possible du reef de Modderfontein, qui n'en est séparé que par un intervalle de 28 kilomètres, où les couches houillères du Karoo (Bocksburg, Brakpan, Springs, etc.), recouvrent le sol. Quelle que soit l'hypothèse adoptée sur la formation de ces gisements, il est, d'ailleurs, tout naturel que, lorsqu'on s'éloigne de la zone riche de Johannesburg, transversalement à ce qui a pu être le sens du rivage au moment du dépôt, on observe une modification dans l'allure et la teneur des minerais, avec, probablement, un appauvrissement. Ce qui peut surprendre, ce n'est pas la disparition progressive de l'or ; c'est, au contraire, sa persistance relative sur de telles étendues.

Nous verrons, tout à l'heure, que quelques conglomérats aurifères ont été reconnus incidemment dans le district de de Kaap (Sheba, Kantoor) et dans celui de Lydenburg, et nous avons déjà étudié précédemment, dans une toute autre partie de l'Afrique, les conglomérats aurifères de la Côte d'Or.

Pour terminer ce qui est relatif à ce sujet des conglomérats, j'ajouterai seulement quelques mots encore sur des districts, dont il a été un moment question à l'époque du boom de 1895 et qui n'ont plus fait parler d'eux dans la suite.

District du Zoulouland. — C'est vers le mois de juillet 1895 que l'on a commencé à s'émouvoir à Johannesburg de la découverte de conglomérats aurifères dans le Zoulouland[1] : conglomérats se rattachant, sans doute, à la formation du même genre, bien reconnue vers Lydenburg. On a installé une petite exploitation à Denny-Dalton, à 130 kilomètres de la station de chemin de fer de Dundee et 82 kilomètres de Vryheid. La couche aurifère, de $0^m,50$ à $0^m,60$ de large, est formée de galets de quartz, gros comme des noisettes, et un broyage, qui a duré trois mois, a donné 5 642 grammes d'or, extraits de 2 800 tonnes : soit, en moyenne, 2 grammes par tonne.

Griqualand (*Kimberley, Herbert Goldfields*). — Au début de septembre 1895, le bruit se répandit à Johannesburg, que l'on avait découvert des conglomérats aurifères dans le Griqualand, à l'Ouest de

[1] *Star* de Johannesburg, 31 août 1895.

Kimberley, dans les districts de Herbert, Campbell, Griquatown et Douglas, et il se produisit aussitôt un afflux important de mineurs sur ce point. En réalité, il ne s'agissait là que de veinules irrégulières de quartz aurifère, plus ou moins bréchiforme, au milieu de calcaires analogues à ceux qui recouvrent le Black-Reef dans le Rand.

Districts de Barberton (ou de Kaap), de Komati (Steynsdorp) et du Swaziland. — Les gisements d'or transvaaliens, dont il nous reste à parler, sont situés dans l'Est du pays, le long de la chaîne montagneuse, qui limite le haut plateau et le sépare des régions déprimées de la colonie portugaise du Mozambique. Ce sont, du Sud au Nord (fig. 23) : les districts de Komati (Steynsdorp), à peu près à la même latitude que Johannesburg ; puis Barberton, ou de Kaap, avec la mine fameuse de la Shéba ; Lydenburg et Pilgrim's Rest ; enfin, tout à fait au Nord, autour de Leydsdorp, le Murchison Range (Zoutpansberg).

L'importance industrielle de ces districts est faible, comme le montrent les chiffres de production suivants en kilogrammes :

	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898
De Kaap . . .	1 956	2 092	2 869	1 953	3 782	3 534	2 790
Lydenburg . .	744	909	1 868	1 960	1 550	1 560	3 379
Zoutpansberg .	520	290	340	294	173	6	»

Dans le champ aurifère de de Kaap, qui se rattache au district de Barberton, une seule mine est réellement importante, c'est la Sheba, qui a produit, en 1895, 1 506 kilogrammes ; dans le district de Lydenburg, la production a été fournie par les mines suivantes :

	1895
Transvaal gold exploration Cy	1 148
Lydenburg mining Estates (New Clewer Estate)	488
Lisbon-Berlyn	261
Barrett.	170
	2 067

Dans tous les districts, dont il va être question maintenant, de Kaap, Lydenburg, Murchison Range, etc. (en résumé, sur toute la chaîne Nord-Sud des monts du Drakensberg) les conditions de gisement sont partout très analogues et, au contraire, bien différentes de celles que nous avons rencontrées au Witwatersrand. Nous trouvons partout, dans une région comme dans l'autre, la même formation ancienne des schistes talqueux et quartzites métamorphiques, assimilée par M. Molengraaff à la série d'Hospital-Hill, et, au milieu de cette formation, des veines de quartz pyriteux et aurifère, irrégulièrement éparpillées, mais prenant très fréquemment l'allure de filons-couches, bien que d'une origine filonienne prouvée par la façon dont, ailleurs, elles recoupent les strates. Certaines de ces cassures, concordantes avec la direction générale des

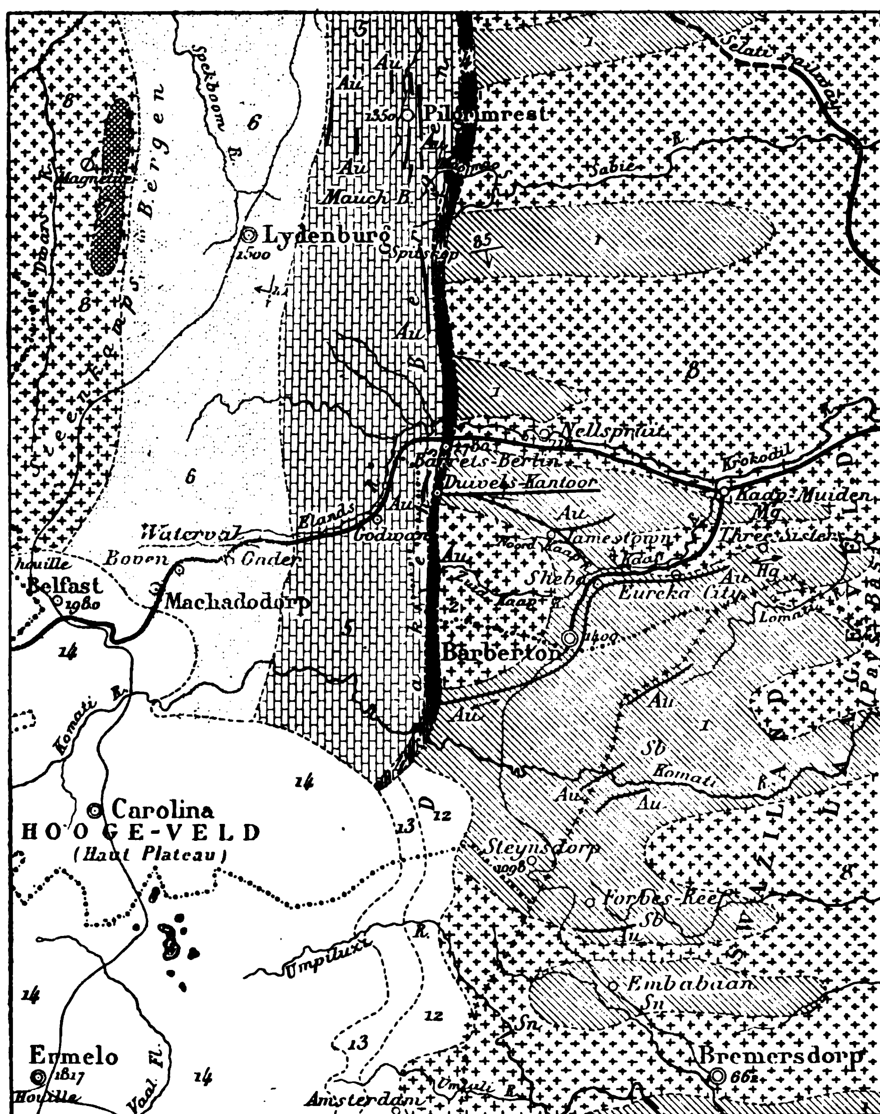


Fig. 23. — Carte géologique des districts de Lydenburg et Barberton (d'après M. Molengraaff).

Échelle au 1 : 1,500,000ᵉ. — Altitudes en mètres. — On a laissé en blanc les terrains du Karoo : 12 : conglomérat de Dwycka ; 13 : Schistes d'Ecca ; 14 : grès schistes et houille du Hoogeveld.

1 Série de Barberton et Hospital Hill	3 Roches amygdaloïdes	5 Série des dolomies	7 Norite
2 Granite ancien	4 Série du Blackreef	6 Série de Prétoria	8 Granite rouge du Boschveld

CARTE DES CHAMPS D'OR DE DE KAAP ET DU KOMATI

Echelle — 1/600.000

Chemin de fer de Delagoa Bay à Pretoria
Crocodile River
Barretts
Berlin
Coetzestroem
Devil's Kantoor
North Kaap Riv.
Madeline
North Sheba
Jamestown
Independant
Albion
Three Sisters
DE KAAP GOLDFIELDS
Queen's River
Avoca
Lily
Kimberley
Imperial
Honey bird
South Kaap River
French Bob
Republic
Electro-moteurs
Barberton
Golden Crescent
MOODIES COMPANY
Abbotts
Welteoreden
Great de Kaap
Woodbine
Mac Lachlan's
Pigg's Peak
SWASILAND
Stolzberg
CAROLINA GOLDFIELDS
Komati River
Thee Spruit
Nompareil
Comstock
Forbes reef
Steynsdorp
Gipsy Queen
KOMATI GOLDFIELDS

Légende
Reefs aurifères

Ed. Oberlin. Gr.

Fig. 24, — Carte des champs d'or de de Kaap (d'après M. Bordeaux).

plissements de la région, présentent, par exception, une constance et une régularité remarquables, et forment alors des filons de réelle valeur industrielle.

Les zones aurifères portent indifféremment sur des terrains de nature diverse, schistes, grès, quartzites, etc. : ce qui en montre bien le caractère intrusif ; mais on n'a pas, ainsi que je l'ai fait remarquer à diverses reprises pour toute l'Afrique, de cassures filoniennes nettes et largement ouvertes. C'est toujours un éparpillement de veines, que j'attribue à une imprégnation effectuée à grande profondeur par dérivation de magmas éruptifs et qui, pratiquement, est peu favorable à l'exploitation fructueuse et continue des gîtes.

Le quartz aurifère est vitreux, de teinte sombre, noirâtre ou bleuté, rubané par des inclusions de pyrite très fines, souvent bréchiforme, parfois prenant la texture d'un véritable quartzite. On y rencontre, assez fréquemment, des particules bitumineuses, à rapprocher de celles qui se présentent en divers points des conglomérats du Witwatersrand. En profondeur, il contient des sulfures métalliques de toutes sortes (fer, cuivre, zinc, plomb, etc.), avec de la stibine et du mispickel. Nous aurons à mentionner quelques curieuses associations de métaux, telles que des stibines ou des smaltines aurifères. A la surface, tous ces minéraux ont disparu par altération et l'on observe un quartz oxydé, brûlé, carié, plein de cavités et de fissures, dans lesquelles apparaissent souvent des grains et feuilles d'or natif, qui donnent, au début des exploitations, les plus belles espérances.

En premier lieu, le district aurifère de *de Kaap* (fig. 24), dont la ville de Barberton occupe le centre, se trouve, à la limite Est du Transvaal, au Sud-Est de Lydenburg, entre le fleuve Komati, qui se jette dans la baie de Delagoa, et un de ses affluents, le Crocodile[1].

C'est une vallée d'environ 40 kilomètres de diamètre, arrosée par la rivière de de Kaap et ses affluents : Queen's River, North Kaap Riv., South Kaap Riv., et dominée, de tous côtés, par des montagnes escarpées. Ce pays, assez fiévreux et très aride, est aujourd'hui accessible par la ligne du chemin de fer de Pretoria à Lourenço Marquez.

La grande masse des terrains, au voisinage, est constituée soit par le granite ancien (2), soit, dans la zone aurifère, par la formation, dite de Barberton ou du Swaziland (1), qui se compose surtout de terrains schisteux métamorphiques, tacschistes, etc., avec grès, quartzites et même conglomérats, recoupés par des dykes de diabase et porphyrite.

Ces terrains du Swaziland, fortement plissés, constituent la chaîne des montagnes du Makongwa, entre Barberton et le Swaziland. Les

[1] Il ne faut pas confondre cet affluent avec le fleuve Limpopo ou Crocodile, situé beaucoup plus au Nord.

schistes et quarzites contiennent fréquemment des veines de quartz aurifère et pyriteux, présentant l'apparence de filons-couches ; c'est sur l'une d'elles qu'est située la fameuse mine de Shéba, où le rendement a été, un moment, de 190 grammes d'or à la tonne.

A l'ouest de la vallée de de Kaap, on observe, de plus, une série de grès, passant à des quartzites, avec des conglomérats aurifères que M. Molengraaff a rapprochés de ceux du Witwatersrand. On n'est pas absolument certain que ces couches appartiennent au même étage que celles de Makongwa, que nous venons de mentionner : à Kantoors et sur tout l'Ouest de la vallée de de Kaap, il y a, en effet, paraît-il, discordance entre elles, tandis que la concordance existerait dans toute la partie Est. Aucun fossile n'a jamais été rencontré dans ces terrains.

Enfin, au-dessus, nous recoupons une série de grès quartzifères, d'âge manifestement plus récent, blancs ou jaunâtres, régulièrement stratifiés et contenant quelques couches de houille, qui forment tout le plateau (highveldt) et qu'on doit rattacher au Karoo.

De nombreuses éruptions de diabases traversent l'ensemble de ces couches, les métamorphisent au contact et s'y interstratifient localement.

Dans cette région, l'or a été signalé dès 1875 et, vers 1886, on y commença l'exploitation de la mine de Shéba, qui eut alors un moment de vogue extraordinaire et attira, pour la première fois, l'attention sur les champs aurifères du Transvaal. Cette mine de Shéba, qui a passé par les vicissitudes diverses, habituelles à ce genre de veines de quartz aurifère d'une irrégularité bien connue, est, encore aujourd'hui, la seule de ce district, qui ait, en pratique, une production suivie. Presque toutes les autres ont, je crois, sombré, bien qu'au milieu de 1895 il se soit produit un nouveau *boom* dans tout le district de Barberton[1].

La zone de beaucoup la plus intéressante de cette région et la seule, par conséquent, sur laquelle j'insisterai est donc celle de la *Shéba*. La mine de la Shéba, depuis sa découverte en 1886 jusqu'au 1er janvier 1896, a produit environ 10.000 kilos d'or pour 200.000 tonnes passées au broyage : soit une moyenne de 50 grammes à la tonne. Actuellement, on y a dépassé 18.000 kilos. Elle se rapproche, par beaucoup de caractères, de certaines mines fameuses du Vénézuéla ou de la Guyane, qui paraissent avoir une origine analogue.

Le reef de la Shéba est, en principe, composé de ramifications de quartz noir dans un banc de quartzites. Au toit, se trouvent des schistes

[1] On trouvera une description très détaillée de ce district dans l'ouvrage déjà cité de Bordeaux (p. 66 à 84). Il est inutile de reproduire ici des renseignements, sans intérêt théorique général, sur une foule de gisements inexploitables. Au district de de Kaap se rattache, dans l'Ouest, le petit district de la Carolina, qui est sans importance.

talqueux, dits « blue bar », avec veines de quarts pyriteux à or libre; au mur, on a, successivement : 6 mètres de quartzites très foncés, 12 à 15 mètres de schistes ardoisiers, 5 à 16 mètres d'un conglomérat légèrement aurifère, à gros et petits galets, assimilé à celui du Witwatersrand et, de nouveau, des schistes ardoisiers.

Dans les quartzites, qui constituent le reef, on trouve, d'après M. Bordeaux, des ramifications plus ou moins épaisses et parfois réunies en un tronc massif de quartz noir, veiné de quartz blanc. Le quartz noir tient seul de l'or libre (qui subsiste à 250 ou 300 mètres au-dessous de l'affleurement); le quartz blanc, toujours stérile, semblerait une sécrétion postérieure, dont les veinules suivent souvent, de chaque côté, l'or libre. En outre de l'or libre, il y a de la pyrite aurifère, qui constitue les tailings.

Les imprégnations aurifères ont grossièrement la forme de colonnes, dont une principale, sur laquelle portent les exploitations de la Shéba, varie de 12 à 22 mètres de puissance. Le total des vides creusés dans les reefs de la Sheba dépasse une longueur de 6 kilomètres, dont 1.100 mètres en tranchées à ciel ouvert et 1.500 mètres de puits.

La production d'or a été la suivante, en kilogrammes :

1886-89	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898
1 516	74	1 189	1 116	1 106	2 428	1 395	2 852	2 542	1 965

Au Nord-Ouest de de Kaap, on a retrouvé, en se rapprochant de la vallée du Crocodile que suit la ligne de Delagoa Bay à Pretoria, des conglomérats un peu aurifères au *Kantoor* et l'on a exploité, à *Barrets Berlin*, des alluvions, contenant parfois de très belles pépites, dont l'une, de 1613 grammes (52 onces). Dans cette même région de Barrets Berlin, il existe, au milieu de la formation dolomitique (5), quelques veines aurifères, analogues à celles que nous trouverons bientôt très développées vers Lydenburg et on a supposé que les pépites provenaient de bancs dolomitiques enlevés par l'érosion.

Au Sud de Barberton, au contraire, on trouve la zone des mines de *Moodie's* : zone schisteuse large de 2 à 3 kilomètres et intercalée, comme celle de North Kaap, au milieu du granite. Ces montagnes de Moodie's ont produit, au total, environ 3000 kilogrammes d'or, notamment dans les veines de Woodbine, à Ivy et dans celles de Pioneer.

A *Woodbine* et *Ivy*, on est dans des schistes, surmontés, dans la première mine, par un lit de conglomérat; à *Pioneer*, il y a plusieurs veines de quartz très blanc, opaque et granulé, mais non saccharoïde, avec or visible, interstratifiées dans des chloritoschistes verts. La production du district de de Kaap, était, en août 1899, de 273 kilogrammes (8.500 onces) par mois.

Les formations du *Swaziland* et de *Steynsdorp* (Komati), situées au Sud des précédentes, leur sont tout à fait analogues. Là encore, l'or est dans des veines de quartz blanc, au milieu de schistes et stéaschistes. Les reefs de Gipsy Queen, Avontuur, Pigg's Peak, etc... ont donné beaucoup d'espérances, mais peu de résultats. En 1898, le Swaziland a produit cependant 150 kilogrammes d'or.

District de Middelburg. — Le district de Middelburg, à l'Est de Prétoria, entre cette ville et Lydenburg, ne présente pas d'exploitations aurifères actives; mais j'ai déjà indiqué, en décrivant la série éruptive du Boschveld, à laquelle ils se rattachent, quelques filons complexes, dérivés probablement des granites, où l'on peut trouver un peu d'or avec du cobalt, du cuivre et l'argent (Laatse-drift, Kruisrivier, etc.).

District de Lydenburg[1]. — Le district de Lydenburg (fig. 25) a été le premier découvert au Transvaal. En décembre 1871, on avait reconnu, à 160 kil. N.-O. de Lydenburg, les alluvions et les reefs de *Marabastad* et *Ersteling*, qui se sont trouvés sans valeur. A la fin de 1872, on commença à explorer les environs de Lydenburg, à Mac-Mac, puis à Spitz Kop et à Pilgrim's rest, où l'on trouva de belles pépites d'or de 500 à 700 grammes, une même de 12 kilogrammes. En 1874, on alla plus au Nord, vers Waterval (Lisbon Berlyn), d'où provient une pépite de 3.110 grammes (100 onces).

Un premier élan de spéculation fut alors interrompu par les guerres des Boërs, d'abord contre Cekukuni, puis contre les Anglais, qui amenèrent un premier krach en 1877.

On se rejeta ensuite sur les districts plus méridionaux de de Kaap, où l'on découvrit la Shéba et, de 1883 à 1886, on revint à Lydenburg, où un nouvel essai de boom provoqua un nouveau krach. L'énorme développement du Witwatersrand fit encore une fois abandonner Lydenburg pendant une dizaine d'années, jusqu'au moment où, en 1895, le champ spéculatif se trouvant trop encombré vers Johannesburg, les financiers revinrent, une fois de plus, à ces filons de Lydenburg, qui, par leur richesse locale, prêtent à toutes les illusions, comme, par leur irrégularité, ils occasionnent tous les déboires.

C'est une des régions du Transvaal, où les alluvions aurifères se sont trouvées le plus développées; on estime que ces alluvions de Lydenburg ont produit de l'or environ pour 12 millions de francs. Une forte partie d'entre elles paraissent provenir de la destruction facile de bancs dolomitiques, qui renferment des veines de quartz aurifère.

Le plus grand nombre des gisements de Lydenburg se distinguent de ceux de de Kaap par leur allure et se rapprochent, au contraire, de

[1] Voir, pour les détails sur ce district : Bordeaux, *loc. cit.*, p. 87 à 103.

ceux de Malmani, qui ont été mentionnés précédemment[1]; au lieu de se trouver dans les schistes et grès primaires, ils sont, en effet, encaissés dans la formation dolomitique, à l'occasion de laquelle j'en ai déjà dit un mot.

Tout d'abord, on observe, vers la base de la dolomie, un complexe de schistes et d'ardoises, accompagné par un filon-couche à pyrite, manganèse et or. Cette zone aurifère, caractérisée par sa très forte teneur en manganèse, est celle qui alimente le gisement de Barrets Berlin dans le district de de Kaap et ceux de Spitz Kop, sur l'escarpement oriental du haut plateau de Lydenburg. On la trouve aussi à Pilgrim's Rest. Les mineurs connaissent cet horizon sous le nom de Diggers Leader.

Il existe, en outre, dans la même région, de nombreux filons-couches aurifères près du sommet de la formation dolomitique; ceux-ci, au lieu d'être associés avec du manganèse, contiennent généralement du cuivre, qui constitue une gêne pour la cyanuration; on les exploite également à Pilgrim's rest. Pour M. Molengraaff comme pour M. Bordeaux, il y a rapport certain entre la teneur aurifère et les dykes de roches basiques (diabases, etc.), très nombreux de ce côté. A la mine Ophir de Pilgrim's Rest, on a même trouvé de l'or en nuggets (pépites) dans une diorite (?), que l'on a essayé de traiter sans succès.

Ces formations dolomitiques, qui contiennent des reefs aurifères, reposent sur des assises de conglomérats, analogues à ceux du Rand et dont nous avons déjà vu le prolongement vers de Kaap et vers le Zoulouland : conglomérats à très faible teneur en or, de 2 à 3 grammes, inutilisable mais intéressante à signaler.

D'après M. Bordeaux, le quartz aurifère du district de Lydenburg se distingue par un son sourd tout à fait particulier sous le marteau et par un aspect cristallin et saccharoïde, tandis que le quartz stérile est brillant et soyeux, en grosses facettes cristallines et rend un son sec.

Sur *Pilgrim's rest*, où se trouvent les exploitations les plus fructueuses, on a reconnu une zone quartzeuse de plus de 8 kilomètres de long et 1600 mètres de large, où se sont installées une série de mines, portant les divers noms des lettres grecques, Alpha, Bêta, etc. Cette zone appartient au niveau inférieur et repose sur une couche de minerai de manganèse, qui dépasse souvent 0 m, 30 d'épaisseur.

Au mur, la dolomie renferme de nombreuses veinules calcédonieuses. Le quartz de la mine Thèta est remarquable, souvent, par la grande abondance d'un or extrêmement fin, rarement visible et donnant néanmoins de beaux rendements.

[1] Page 51.

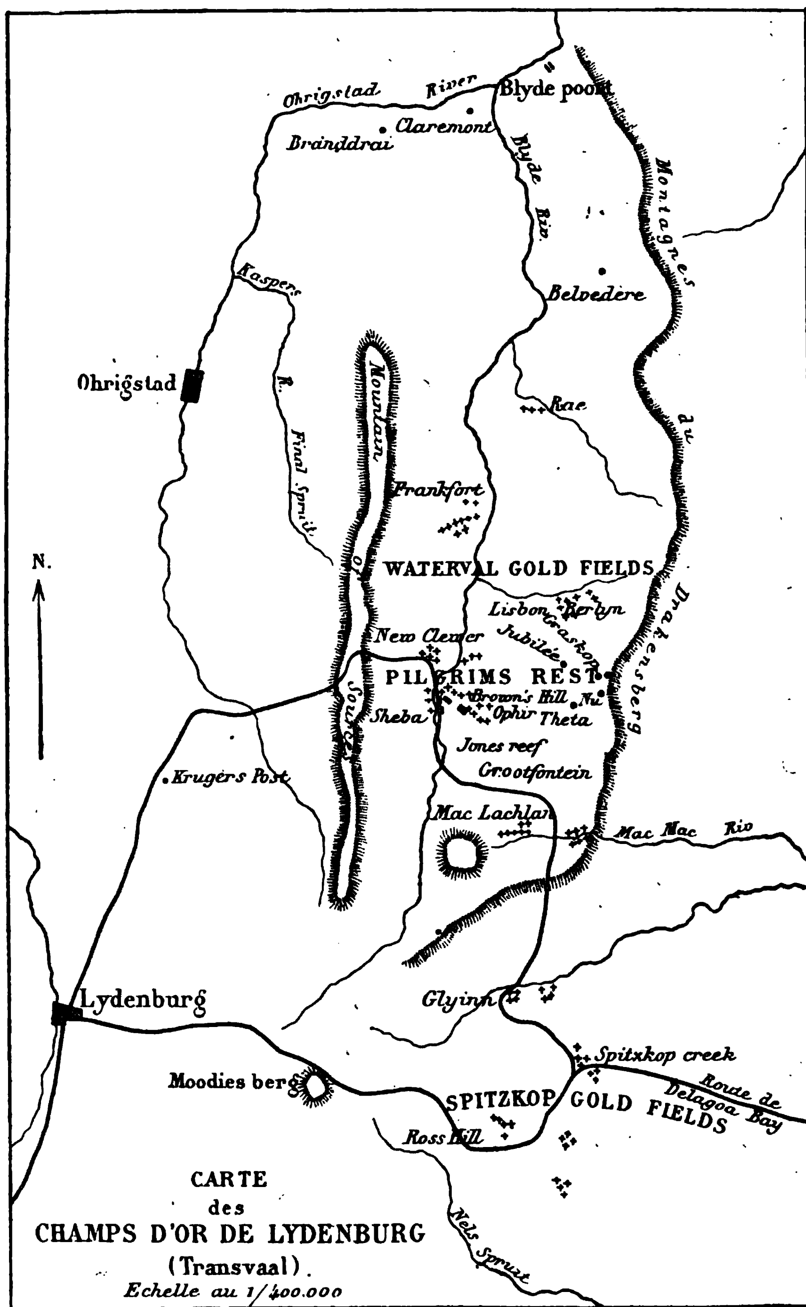


Fig. 25. — Champs d'or de Lydenburg (d'après M. Bordeaux).

Les reefs de Pilgrim's rest, traités ensemble aux usines de Transvaal Gold Mining Estates, produisent, à eux seuls, les trois quarts de l'or de Lydenburg.

A *Spitzkop*, on travaille un reef du niveau inférieur; le reef de *Glynn*, qui fait partie de ce niveau inférieur, renferme un peu de bismuth. Celui de *Frankfort* appartient, au contraire, au niveau cuprifère.

A *Lisbon Berlyn* (Waterval), une Société, qui s'est reconstituée successivement en 1883, 1885, 1888, 1889, 1892, a essayé d'exploiter un bassin d'alluvions.

En résumé, jusqu'au 1er janvier 1896, le district de Lydenburg a produit environ 12400 kilogrammes d'or, dont 7440 de 1890 à 1896. En 1896, la production dépassait 1890 kilogrammes d'or par an (60.000 onces). En août 1899, au moment où les travaux ont été interrompus par la guerre, on produisait 340 kilogrammes (11.000 onces) par mois, valant 950.000 francs : ce qui correspondait à près de 4.000 kilogrammes par an et le district de Lydenburg avait notablement dépassé celui de de Kaap.

District du Murchison Range (Zoutpansberg) (fig. 26). — Le Murchison Range, qui fait partie du bas pays (*low country*) est situé, au Nord-Est du Transvaal, dans le district du Zoutpansberg, nommé aussi Salt Pan Mountains, à cause de larges dépressions salées qu'on y rencontre. Le Zoûtpansberg est divisé en deux parties par le prolongement du Drakensberg : à l'Ouest, la haute région des villes de Smitsdorp, Marabastad, Pietersburg, avec les mines de Watervaal, Ersteling, (citées plus haut), Mount Maré, Palmietfontein ; à l'Est, 600 mètres plus bas, la plaine du bas pays, très boisée, où se trouvent un certain nombre de collines Nord-Est Sud-Ouest, parmi lesquelles le Murchison Range, entre les rivières du grand Letaba et du Selati, au Nord de l'Olifants river.

Le principal centre de population du district est Leysdorp (à 630 mètres), fondée en 1890 sur le flanc Sud du Murchison Range. On cite, en outre : Pietersburg, Smitsdorp, Marabastad, etc., villages qui prennent ou perdent de l'importance suivant la fortune changeante des exploitations minières créées au voisinage.

Le climat est assez fortement fiévreux, surtout après l'été, qui est la saison des pluies. Le pays, habité par le gros gibier, est infesté par la mouche tsétsé.

Ce district aurifère a été l'objet d'un moment de vogue en 1886-90, au moment du grand *rush* et l'on prit alors des quantités de claims, qui furent ensuite abandonnés. En 1891, sur 6000 claims mis en adjudication par le gouvernement après cessation de payement des taxes, 36 seulement trouvèrent acquéreur pour 30 francs.

La région, où l'on trouve l'or, est constituée par des schistes talqueux,

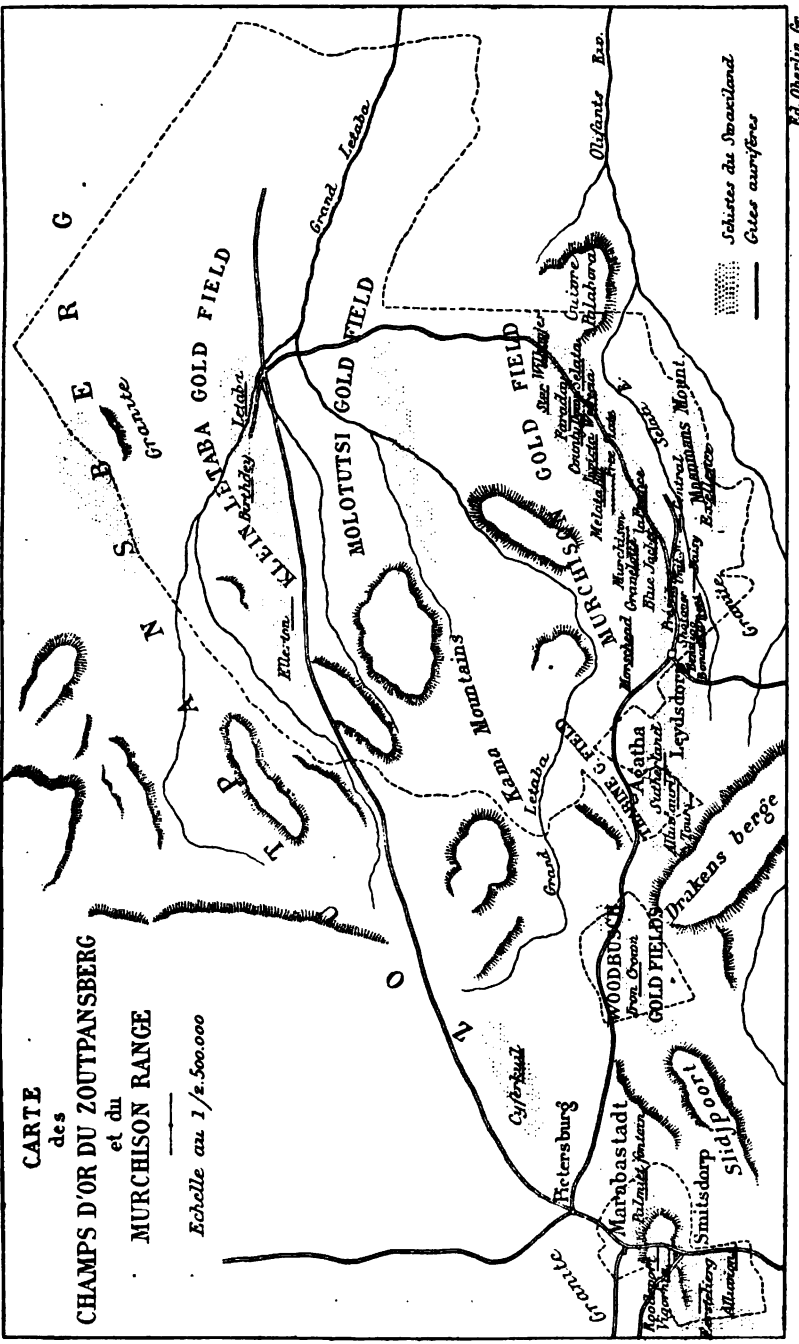


Fig. 26. — Champs d'or du Murchison Range (d'après M. Bordeaux).

chloriteux, ou amphiboliques, parfois très chargés d'oxyde de fer et contenant quelques intercalations calcaires, qui appartiennent à la formation de Barberton[1]. Le Spitzkopf (sommet de la région, à l'Est de Leydsdorp) est formé de quartzites rubanés, qu'on retrouve un peu plus à l'Est, à la mine de la France. Ces couches sont fortement redressées et présentent d'assez fréquentes intrusions de granulite. Elles sont encaissées, par lentilles Est-Ouest, dans un grand massif granitique avec gneiss, présentant des zones cuprifères, que l'on a comparées à celles du Namaqualand, et le tout est recoupé par de nombreux dykes de diabases, porphyrites, etc.

Au milieu de ces schistes, on trouve des veines, plus ou moins interstratifiées, de quartz aurifères, qui semblent, d'après les descriptions, avoir une allure très analogue à celle que nous avons rencontrée fréquemment en Afrique et que l'on observe un peu partout, pour les veines aurifères, dans des schistes du même genre, — par exemple le long de la chaîne des Alpes (Pestarena, etc.) — c'est-à-dire que l'on a des lentilles, des veinules, prenant localement l'allure de filons-couches et, ailleurs, reliées par des ramifications nettement transversales aux bancs. Ces veines, dans les parties riches, sont formées d'un quartz noirâtre ou bleuté (rouillé et caverneux à la surface) : quartz très souvent bréchiforme, de telle sorte qu'on l'a comparé à tort à un conglomérat. Parfois aussi, la pyrite de fer, transformée à la surface en oxyde, y joue un rôle prédominant. En certains points, comme à Shotover, il existe de la sidérose et de la dolomie, de la pyrite de cuivre, de la stibine, du mispickel, de la galène, etc.

D'après MM. Schmeisser et Bordeaux, il y aurait deux faisceaux de filons principaux :

1°. Le plus au Nord, caractérisé par les stibines aurifères (Invicta, Freestate, Gravelotte), où l'or est tantôt en feuillets minces, tantôt en grains, tantôt invisible, associé à la stibine, et qui, de Gravelotte à Freestate, a, en moyenne, 1 mètre de large sur près de 8 kilomètres sans interruption ;

2° L'autre, au Sud, où le quartz et la pyrite aurifère imprègnent, en fahlbandes, des talcschistes et quartzites métamorphiques (la France, Sutherland, etc.).

Parmi les filons où le quartz domine, M. Sawyer cite ceux de Président, Shotover, Selata, Harmony, Murchison ; parmi ceux à pyrite de fer abondante, la France, Anglia, Gravelotte, etc. Ces derniers, à la surface, prennent, en raison de l'oxydation de la pyrite, le nom de filons brûlés. En profondeur, dans tous ces filons, la teneur en or

[1] Sawyer. *Geolog. and general guide to the Murchison Range.* London, 1892, Heywood. — Bordeaux, *loc. cit.*, p. 104 à 114.

paraît se répartir plus régulièrement et s'amoindrit. C'est, d'ailleurs, un caractère commun à ces filons d'être parfois localement très riches et criblés de cristaux d'or natif à la surface, mais, en même temps, extrêmement irréguliers : ce qui, joint à l'insalubrité du climat et aux difficultés des communications, a empêché, jusqu'ici, le développement industriel de la région.

Il existe néanmoins quelques mines dans ce district, telles que Gravelotte, la France, Freestate et des concessions appartenant à l'Oceana[1], la Transvalia, etc.

A l'ouest de Leydsdorp, à la mine Sutherland, la seule du district qui ait produit un peu d'or dans ces dernières années (environ 270 kilogrammes en 1895), M. Schmeisser signale, sur les joints des talcschistes, des enduits d'or analogues à ceux qu'on observe fréquemment au Brésil.

Petit Letaba[2]. — Le district du petit Letaba (fig. 26), situé à 50 kilomètres au Nord du Murchison Range, sur les bords de la rivière Letaba, présente des conditions de gisement analogues (mines Ellerton, Birthday). A la mine Birthday, on trouve, d'après M. Schmeisser, un filon de quartz, généralement grisâtre, avec pyrites de fer et de cuivre, galène et cristaux ou feuilles d'or natif, fréquents dans les fissures et cavités du quartz ; sa teneur a passé assez promptement de 125 grammes d'or à la tonne, à la surface, à 60, puis à 17. Il est rejeté par des filons de diabase.

A 450 mètres au Nord du filon de Birthday, la Compagnie Letaba en a exploité un analogue avec sulfures de fer, plomb et cuivre.

Molotosi. Mt Houtbosch. — Entre le Grand et le petit Letaba, sur le Molotosi, puis au Sud de Hœnerstsburg, dans le Drakensberg, il existe des filons de quartz aurifère semblables, le plus souvent dans le granite, et, — par un phénomène assez général dans tous les pays, pour les filons de quartz aurifère recoupant cette roche —, présentant un coincement rapide en profondeur (mine Iron Crown).

En résumé, la production d'or du Zoutpansberg a été de 1889 à 1898 en kilogrammes :

1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898
155	248	520	290	340	294	173	6	»

Au total, on a retiré environ 6 millions d'or, après en avoir dépensé une cinquantaine.

[1] L'Oceana, au capital de 12 500 000 francs a été constituée, d'abord, en avril 1895, pour acquérir les fermes de Sedan et de Tours, dans le district de Selati. Ces noms de Sedan, Gravelotte, etc., suffisent à faire présumer la nationalité des exploitants.

[2] Schmeisser, *loc. cit.*, p. 33.

6° RHODÉSIA[1]

Au Nord du Transvaal, nous entrons dans les vastes territoires de la *Rhodésia* (fig. 27). L'organisation minière de la Rhodésia, c'est-à-dire des domaines de la *Chartered C°* et son développement politique sont si intimement liés l'un à l'autre et si bien la conséquence l'un de l'autre, qu'il est impossible de décrire l'industrie de cette région sans rappeler d'abord, en quelques mots, le développement de cette grande entreprise, dont le fondateur, Cecil Rhodes, meurt précisément à l'heure où j'écris ces lignes.

Le point de départ de la Chartered fut un traité conclu en 1888 par le *Central Search Association* avec le roi nègre Lobengula : traité, par lequel ce syndicat, dont Rhodes était le chef, acquérait le droit exclusif de rechercher et exploiter les minéraux et métaux dans le Matabeleland et le Mashonaland. Le 30 avril 1889, ces droits étaient transférés à la *British South Africa C°*, ou *Chartered C°*, moyennant 50 p. 100 des bénéfices futurs de cette dernière, et, le 29 octobre 1889, le gouvernement anglais accordait à la Chartered, sur son territoire, des droits régaliens.

La Chartered, établie par acte du 3 février 1890 avec un capital primitif de 25 millions, porta ce capital à 50 millions dès 1892 et, cette même année, s'empara d'une partie des territoires portugais du Mozambique. En 1893 et 1894, on déposséda Lobengula, moyennant une petite guerre peu périlleuse et, dès 1894, Buluwayo et Salisbury se transformèrent en villes européennes. L'effervescence, causée chez les noirs par le coup de main du docteur Jameson en décembre 1895, amena, en 1896 et 1897, une révolte plus sérieuse des nègres, qui coûta la vie à plusieurs centaines de blancs, et c'est seulement au début de 1898 qu'on put reprendre avec quelque activité la mise en valeur du pays. Le capital de la Société fut porté successivement à 62 500 000, 87 500 000 et 125 millions de francs ; avec cet argent, les lignes de chemins de fer s'allongèrent vite, dans un pays où l'établissement des voies ferrées se fait sans grande peine. Le 4 novembre 1897, fut inaugurée la ligne de Kimberley à Mafeking et Buluwayo, qui doit aboutir prochainement à Fort-Salisbury ; en avril 1898, la ligne qui, de Beira, doit atteindre le même point de Fort-Salisbury, était déjà à Umtali. En même temps, on posait la ligne télégraphique du Cap au Caire, qui sera bientôt achevée. La prise de possession du pays s'est ainsi accomplie, avec un caractère bien naturel d'improvisation, néanmoins avec des résultats

[1] Ce serait peut-être ici le lieu de parler des mines d'or de Madagascar; mais nous consacrons aux richesses minérales de la grande île tout un paragraphe spécial du chapitre XI.

qui ne peuvent manquer de frapper l'imagination, comme tout ce qui se passe en Afrique depuis vingt ans, quand on suit, sur une carte, la con-

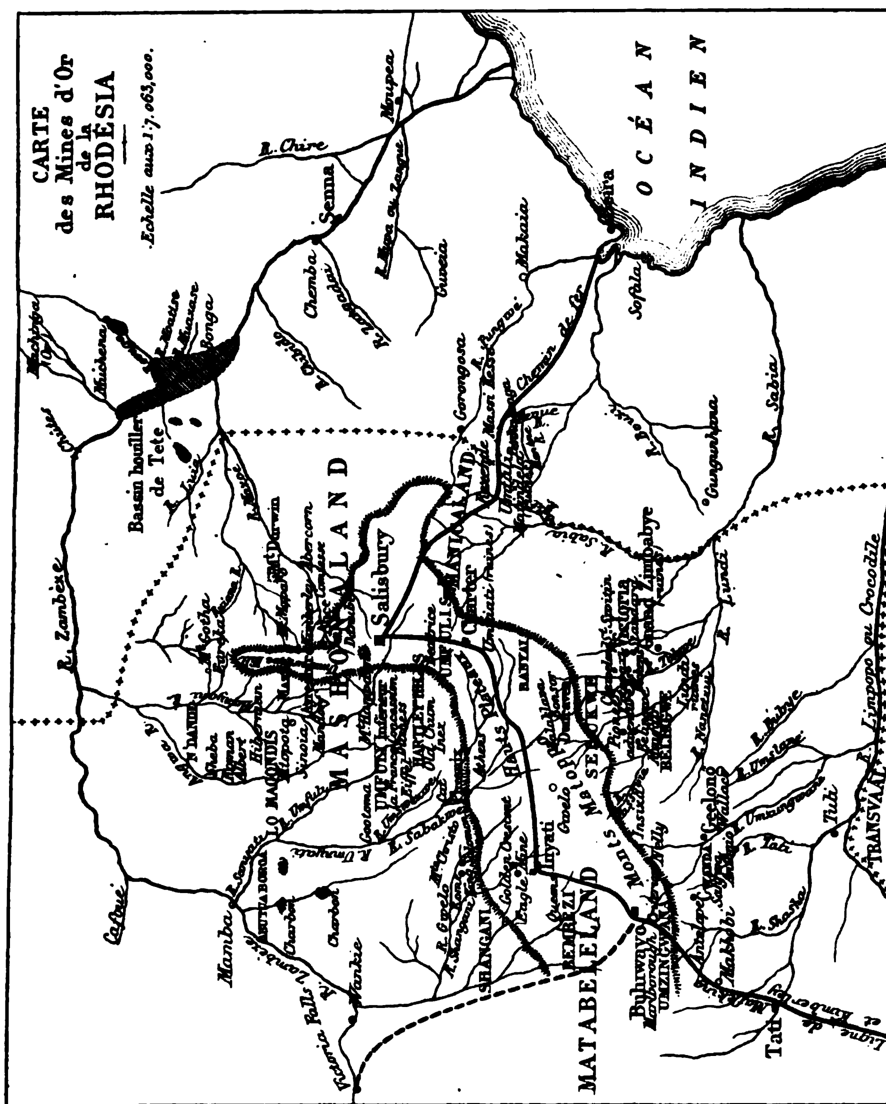


Fig. 27.

vergence des voies de pénétration, traversant de tous côtés le continent africain pour aboutir aux Grands Lacs, et quand on réfléchit que ces immenses territoires, aujourd'hui conquis à la civilisation, étaient, il y a quelques années à peine, des terres vierges et inexplorées.

Tous ces résultats, obtenus par les grands et continuels sacrifices financiers des actionnaires de la Chartered, l'ont été, jusqu'ici, dans l'espoir, toujours reculé comme un mirage, de découvertes colossales dans la région des mines d'or. Ce n'est pas, en ce travail scientifique, le lieu d'approfondir ce côté économique de la question[1]. Il suffira, pour préciser dès le début l'importance réelle des exploitations minières, qui seront décrites plus loin, de résumer brièvement les rendements pratiques, insérés par la Chambre des mines de Rhodésia (Buluwayo, Salisbury) dans ses statistiques officielles et mensuelles.

Ces rendements, on le sait assez, n'ont pas été conformes aux premières illusions des promoteurs. Étant donnée l'irrégularité extrême du type de veines aurifères, qui prédomine en Rhodésia, un grand nombre de tentatives ont dû être abandonnées et bien des mines n'ont eu qu'une existence précaire ; néanmoins, dans la multitude des filons déjà découverts, une sélection s'opère peu à peu et, finalement, la production totale s'accroît d'année en année, dans des proportions, qui, sans rappeler en aucune façon l'essor foudroyant du Witwatersrand, n'en sont pas moins intéressantes à constater.

Sur les tableaux donnés plus loin, qui montrent l'état des exploitations au début de 1902, on remarquera le rôle insignifiant du Manicaland (Umtali, Penhalonga, Massikessé, Rezende), dont on parlait déjà avec admiration il y a quelque trente ans, la disparition également complète du champ d'or de Victoria, près Zimbabyé (Cotopaxi, Dickens, etc.) où, en 1895, se trouvaient déjà 20 pilons, sur les 40 qui existaient alors dans le Mashonaland. L'activité s'est visiblement concentrée le long de la ligne du chemin de fer de Mafeking à Salisbury (Tati, Dunraven, Selukwe, Globe and Phenix, Beatrice, Hartley Hills).

Certaines mines, qui eurent leur moment de vogue, ne font plus parler d'elles : la Geelong, la mine Alice (qui avait commencé ses broyages en septembre 1900 et, jusqu'au 1er janvier 1901, produit, avec 3507 tonnes, 2635 onces d'or[2]), l'Ayreshire, etc.

En dehors de la question des transports, qui n'est que partiellement résolue, une des grosses difficultés, pour cette exploitation, comme pour celles du Transvaal, est celle de la main-d'œuvre. On s'efforce de la trancher par des systèmes de coercition, de surveillance, d'enrôlement et de parquage des nègres, qui constituent une traite des noirs hypo-

[1] Les actions de 25 francs de la Chartered ont valu 60 francs en juin 1902, 90 en mars 1902. Il est à remarquer que la Société impose un droit de 50 p. 100 sur le capital actions de toute Société au moment de sa fondation. Bien que ce droit énorme soit souvent réduit en pratique, il en résulte une source de bénéfices qui n'est pas négligeable pour une Compagnie dont le capital est, en somme, relativement peu considérable.

[2] Cette mine dépend de la Bechuanaland Explor. Cy. En mars 1902, on fait espérer la reprise des broyages.

crite ; on a également proposé, à diverses reprises, l'introduction de la main-d'œuvre asiatique. Le climat est, en général, sain ; mais, dans de vastes régions, l'existence de la mouche tsétsé empêche d'utiliser les animaux domestiques aux transports.

En résumé, les mines productives de la Rhodésia ont été, en janvier 1902, les suivantes, en supprimant seulement une ou deux mines sans importance actuelle :

COMPAGNIES	BATTERIES						
	Tonnes broyées.	Nombre de pilons.	Journées de travail.	Tonnes par pilon et par jour.	Rendement d'or en onces (oz.) et dwts.	Valeur totale de l'extraction	Valeur par tonne.
						francs.	francs
MATABELELAND							
SELUKWE							
Dunraven.	2 512	20	20,02	6,28	1 983 oz. 17	180 000	71
Selukwe	5 335	40	28,33	4,70	3 241 oz. 8	300 000	54
— (tailings). .	5 960	»	»	»	1 126 oz. 12	100 000	17
Surprise	3 031	20	29,35	5,16	1 740 oz. 12	145 000	48
SEBAKWE							
Globe and Phœnix .	4 160	25	27,60	6,02	3 338 oz. 0	347 000	80
— (tailings).	2 350	»	»	»	521 oz. 10	29 000	11
SINANOMBI							
Austro-Rhodesian. .	1 510	10	28,67	5,28	866 oz. 0	77 000	51
Totaux.	25 498	125	»	»	13 199 oz. 16	1 197 000	
MASHONALAND							
HARTLEY							
Beatrice.	1 370	10	29,20	4,69	1 584 oz. 1	138 000	100
MANICA							
Rezende	1 307	10	27,79	4,71	834 oz. 0	67 000	51
— (tailings) . .	912	»	»	»	258 oz. 18	10 000	
Totaux.	20 087	145	»	»	15 954 oz. 15	1 422 000	»

Nota. — La valeur de l'once (31,10 gr.), divisée en 20 dwts, varie suivant la finesse du bullion (or brut).

	onces		kilog.
Production antérieure au 1er septembre 1898.	6 470	=	200
Production du 1er septembre au 31 décembre 1898	18 085	=	560
Production de 1899	65 303	=	2 024
Production de 1900	91 940	=	2 850
Production de 1901	172 061	=	5 334
			10 968

La production se décompose ainsi, par mois, depuis 1898 :

	1898	1899	1900	1901	1902
	onces	onces	onces	onces	onces
Janvier	»	6 371	5 242	10 697	15 954
Février	»	6 424	6 233	12 236	13 204
Mars	»	6 614	6 286	14 289	16 891
Avril	»	5 755	5 456	14 998	17 559
Mai	»	4 939	6 554	14 469	19 698
Juin	»	6 104	6 185	14 863	15 842
Juillet	»	6 031	5 737	15 651	»
Août	»	3 177	10 137	14 733	»
Septembre	2 346	5 653	10 600	13 958	»
Octobre	3 913	4 276	10 668	14 502	»
Novembre	5 567	4 670	9 169	16 486	»
Décembre . . .	6 259	5 289	9 373	15 174	»
Total pour l'année. . .	.3 085	65 303	91 640	172 056	99 148

Ces chiffres mettent en évidence les progrès de l'industrie minière en Rhodésia dans ces dernières années ; ils montrent, en même temps, combien cette industrie est encore restreinte après une douzaine d'années d'efforts, puisque le nombre total de pilons, fonctionnant actuellement, n'est encore que de 145, et la production mensuelle de 15 000 onces pour tout ce grand pays, alors que, dès janvier 1890, trois ans après sa découverte, le Witwatersrand produisait déjà 35 000 onces en un mois.

Abordons maintenant la géologie des gîtes aurifères de la Rhodésia, qui, résumés en deux mots, paraissent rentrer dans le type, habituel en Afrique, des imprégnations quartzeuses et pyriteuses au milieu des schistes métamorphiques, souvent au contact ou au voisinage de granites et granulites; on est porté à y voir le résultat de cristallisations en profondeur : ce qui rapprocherait ces gisements des imprégnations pyriteuses ordinaires en divers pays homologues, notamment en Scandinavie, au Canada ou au Brésil, et les distinguerait, au contraire, du type filonien proprement dit. Ce genre de gîtes a le défaut pratique d'être, en général, très disséminé et inconstant ; mais on peut toujours conserver l'espoir de tomber un jour sur quelque grand amas de pyrite aurifère, qui constituerait, pour l'or, ce qu'est le Rio Tinto pour le cuivre [1].

Toute la région comprise entre le Limpopo et le Zambèse est (si on néglige le manteau de terrains du Karoo, surtout développé au Nord et à l'Est), constituée par un vaste massif cristallin de granite, gneiss, micaschistes, talcschistes et schistes primaires métamorphiques, avec

[1] Voir, sur les mines de la Rhodésia : 1894. SAWYER. *The goldfields of Mashonaland*, 1 vol. avec 21 pl. cartes et coupes des principaux districts (Londres, Heywood). — J. H. HAMMOND. *Rapport à la Chartered Cy.* — 1898. H. BORDEAUX. *Les mines de l'Afrique du Sud*, 212 p. et 8 pl. chez Dunod.

intercalations de bassins houillers sur le Zambèze, c'est-à-dire assimilable aux tronçons hercyniens d'Europe, le Plateau Central, la Bohême, etc., avec cette différence toutefois que ce massif, anciennement plissé au début du carbonifère, puis, longuement érodé au cours des âges géologiques, ne paraît pas (si ce n'est au Nord de Salisbury, sur le Mazoé et vers le Zambèze[1]) avoir subi le contre-coup des dislocations tertiaires et des manifestations volcaniques, qui les ont accompagnées. Son histoire, déjà résumée ailleurs et pour les détails de laquelle je renvoie aux indications précédentes[2], est très simple. Les derniers plissements datent du carbonifère et c'est au plus tard à cette période qu'il faut faire remonter les gîtes métallifères d'imprégnation et de cristallisation profonde, dont il va être question plus loin. Ultérieurement, il s'est bien produit, pendant le Karoo, des montées de roches éruptives du type des porphyrites, diabases, mélaphyres, etc.; mais, en dehors des diamants, qui ont cristallisé dans des roches ultrabasiques de ce groupe, ces roches ne semblent pas avoir amené d'éléments utilisables, tels que les métaux et recoupent, au contraire, partout où on peut le constater, des gîtes métallifères antérieurement formés.

Les deux éléments essentiels de cette constitution géologique : granite et terrains schisteux, présentent un aspect pittoresque très différent et jouent, pour la répartition des mines, un rôle bien dissemblable.

Le granite forme d'énormes croupes, avec blocs en saillie d'apparence cyclopéenne et végétation pauvre. Les minerais y font à peu près complètement défaut, si ce n'est dans la zone de contact avec les terrains schisteux : fait bien connu des prospecteurs, qui ne serait pas exact dans une région à filons proprement dits, où les granites ont été fracturés longtemps après leur consolidation, par un mouvement indépendant d'eux et venu de loin (voir, par exemple, le district de Linarès en Espagne), mais qui s'explique très bien dans l'hypothèse de fumerolles dégagées par ces noyaux granitiques vers les terrains schisteux, qui leur formaient un manteau.

Sur le sol schisteux, au contraire, où se trouvent la plupart des gîtes aurifères, la végétation est très abondante. Les calcaires sont rares ; on en a cependant trouvé près Umtali, au voisinage de Salisbury et dans le district de lo Magondis, c'est-à-dire sur un alignement N.-O.-S.-E.

D'anciens travaux importants (d'âge inconnu), qui ont attiré l'attention des prospecteurs, sont visibles : dans le Manicaland, à Umtali ; dans le Matabeleland, à Zimbabye, Selukwe, Gwanda ; au Mashonaland, à Umfuly, lo Magondis, Mazoé, Mapondera et Mtopota, ces deux derniers

[1] M. Bordeaux. *loc. cit.*, p. 181, parle de basalte sur le Mazoé.

[2] Pages 14 à 19 et 43.

à 100 et 120 kilomètres au Nord et au Nord-Est de Salisbury[1]. On y trouve des tranchées, qui atteignent parfois 60 mètres de profondeur, avec des accumulations de déblais faiblement aurifères et, souvent, des quantités de pierres taillées ou polies.

Nous étudierons successivement les gîtes compris dans les trois grandes divisions de la Rhodésia : Matabeleland, Mashonaland et Manicaland (avec colonie portugaise voisine).

1° **Le Matabeleland** (capitale Buluwayo) comprend les districts miniers de Gwanda, Insiza, Belingwe, Shangani, Bembezi et Sabakwe. C'est lui qui produit actuellement plus des trois quarts de l'or de la Rhodésia, avec les mines de Globe and Phœnix, Selukwe, Duuraven et Surprise. Les mines de Geelong, Bonsor et Tebeekwe ont également installé des batteries.

Il y a là des veines de quartz à or libre, intercalées dans les schistes métamorphiques ou stéaschistes, avec des puissances variables (3m.50 aux Athens reefs de Sabakwe, plusieurs mètres à Geelong, 1 mètre à Bonsor et à la mine Queen's de Bembezi). On peut remarquer, dans le reef de Bonsor, la présence de pyrite, mispickel et galène.

Vers le Sud, à *Tati*, en *Bechuanaland*, on avait fait, dès 1868, une tentative d'exploitation malheureuse.

2° **Dans le Mashonaland** (capitale Salisbury), on a distingué les districts de Salisbury et Entreprise, Abercorn, Mont Darwin, Mazoé, lo Magondis, Umfuli, Hartley Hills et, à une très grande distance des précédents, vers le Sud, Victoria.

a. *District de Salisbury*. — A la mine Salisbury, et sur son prolongement, à la mine Danube, il existe des veines très pyriteuses dans les schistes à épidote et hornblende, ou, dans le granite, au contact de ceux-ci. D'après M. Bordeaux, on observe, au milieu du granite et de la syénite, des dykes de granulite pegmatoïde (kaolinisée aux affleurements), renfermant des veines de quartz plus ou moins enchevêtrées, aux pyrite et galène. Certaines de ces veines sont formées d'un quartz blanc opaque et grenu, ou d'une sorte de pétrosilex, d'autres d'un quartz vitreux rose ou d'un quartz saccharoïde à pyrites. Les reefs Gladstone, Aberdeen sont des veines de quartz dans les schistes micacés au voisinage du granite. Le reef Countess est également dans les schistes, près de masses dioritiques.

b. *District de Mazoé*. — Les reefs de Mazoé sont sur le versant Est de la montagne d'Umwurkwe, qui les sépare du district de Lo Magondis : montagne surtout constituée de schistes avec amphibolites, serpentines

[1] Voir plus loin, page 106.

et péridotites. Les noirs lavent quelques alluvions sur le torrent Wantzie, qui sort des granites pour couler dans les schistes. Au delà du mont Mapondera, d'anciens travaux importants, au voisinage desquels on trouve des quantités de pierres polies et creusées, paraissent avoir porté sur des entrelacements de pegmatites aurifères dans un micaschiste très quartzeux. Le reef Alice, sur lequel a été faite une tentative d'exploitation avec 10 pilons (en profitant de l'abondance des eaux du Mazoé en ce point) comprend plusieurs veines de quartz dans les micaschistes, occupant au total environ $0^{m},80$ d'épaisseur et comprenant, quand on sort de la zone altérée superficielle, du quartz glacé ou grenu, avec pyrites de fer et de cuivre, galène et un peu de blende.

c. *District de lo Magondis.* — La principale mine de ce district est l'Ayreshire, où l'on a exploité un curieux dyke de roche amphibolique[1] aurifère à veines de pegmatite : dyke d'environ 20 mètres de puissance, encaissé dans les granites, gneiss et schistes amphiboliques, et qui, dit-on, serait légèrement aurifère et argentifère dans toute sa masse, l'argent dominant même sur l'or aux essais. Ce serait donc là un type quelque peu différent de ceux que nous rencontrons dans le reste de la région et se rapprochant plutôt de certains aspects de Madagascar, de l'Australie occidentale ou de la Guyane. Il faudrait cependant une étude plus complète qu'on ne l'a faite jusqu'ici pour s'assurer qu'il n'y a pas là, soit une forme de schiste amphibolique, soit un simple granite, enrichi en amphibole par l'absorption de schistes semblables. D'après M. Bordeaux, cette diorite (?), qu'il rattache aux formations basiques du mont Umwurkwe, se prolonge jusqu'à 160 kilomètres au Nord, vers le mont Gotha. Les anciens travaux sont très abondants et développés dans toute cette région, où l'on n'a fait que peu de tentatives d'exploitations modernes.

d. *District de Hartley Hills.* — Ce district, situé sur la rivière Umfuli et ses affluents, comprend trois parties : l'Umfuli supérieur, avec la mine Béatrice à 57 kilomètres Sud de Salisbury, Hartley Hills avec la mine Inez et Umfuli inférieur avec les reefs de Gootooma.

La mine Béatrice, seule exploitée avec quelque activité, est, d'après Bordeaux, au contact du granite, dans les schistes métamorphiques (d'après Sawyer, au milieu des roches ignées basiques).

Dans la région de Duchess et Concession Hills, les veines de quartz aurifère sont dans les schistes, parfois avec pyrites de cuivre, donnant l'association ordinaire sidérose et cuivre gris aux affleurements (Harvester). On trouve là des schistes à enduits aurifères semblables à un vernis,

[1] D'après une détermination de M. Bordeaux, qui demanderait confirmation, cette roche, qualifiée de diorite, passerait à l'andésite. Un échantillon, qui en a été donné à l'école des mines par M. Weill (1670-1) est un quartzite amphibolique, riche en sphène.

comme il en existe au Brésil (Carrapatos). A la mine Inez, on observe l'association de l'or avec la stibine, que j'ai déjà signalée dans le Transvaal (Murchison Range) et dont on connaît quelques exemples étrangers.

e. *District de Victoria.* — Le district de Victoria, situé à proximité des ruines célèbres de Zimbabye[1], a été le premier découvert et mis en valeur au Mashonaland (mines Cotopaxi, Dickens, Standard, etc.). Mais il y est arrivé, ce qui paraît être trop généralement le cas pour ce genre de gisements, c'est que, dès que l'on sort de la zone d'enrichissement par altération superficielle, sur laquelle portent les premiers essais, la teneur se réduit très vite et qu'en outre ces veines irrégulières et inconstantes se ramifient ou se coincent, de telle sorte que tous les travaux en sont actuellement abandonnés[2].

D'après Sawyer, on a là une zone de schistes à peu près Est-Ouest, avec grès et quartzites, comprise entre les massifs de granite et gneiss, qui affleurent, d'une part, à Zimbabye, de l'autre, à Victoria. Au milieu de ces schistes, viennent s'intercaler quelques dykes de serpentine, amphibolite et gabbro.

Les veines aurifères sont, comme toujours, à peu près interstratifiées dans les schistes.

Cependant Sawyer signale, dans l'Ouest du district, plusieurs filons dans les gneiss ou granites ; le *Cleveland reef* fait, suivant lui, partie d'un grand dyke de quartz en saillie, dirigé N.-S et se trouve au contact du gneiss avec des roches serpentineuses ; le *Cambrian reef*, encaissé dans les gneiss et talcschistes, contient pyrites de cuivre, galène et manganèse, ainsi que le *Texas reef*, encaissé dans un granite décomposé.

Dans la partie centrale du district, le reef *Dickens* est dans des schistes amphiboliques et, un peu plus au Sud, le *Cotopaxi* est peu distant d'un dyke de gabbro ; puis, vers l'Est, les *Standard reefs*, au nombre de cinq, sont intercalés entre les schistes ardoisiers et les grès.

[1] J'ai dit ailleurs (*Mines d'or du Transvaal*, p. 29 à 35 ; *Nature*. 1896) ce que l'on sait sur ces curieux et énigmatiques monuments, certainement construits par d'autres que les indigènes, mais sur l'âge desquels on ne peut s'entendre à trois mille ans près : les uns les attribuant simplement aux portugais, qui, dès le XVe siècle, ont eu des établissements de ce côté et, sans doute, sur ce point même ; les autres voulant les faire remonter jusqu'aux incursions des phéniciens, à l'époque du roi Salomon. En dehors de Zimbabye, il existe diverses ruines dans la Rhodésia et beaucoup de vieux travaux, que j'ai déjà mentionnés chemin faisant : travaux qui, eux, sont, au moins pour une bonne part, attribuables aux nègres.

Voir également un ouvrage récent : R.-W. Hall et W.-G. Neal. *The ancient ruins of Rhodesia* (London).

[2] Voir leur description détaillée dans l'ouvrage de Sawyer, p. 69 à 76, avec carte, pl. II, et coupe.

3° Enfin, le **Manicaland** comprend le district d'Umtali et de Rezende en territoire anglais, prolongé, sur le territoire portugais, par celui de Massikessé et les alluvions du Revue.

C'est un des premiers qui aient été explorés dans l'Afrique Australe, et, lorsque les Européens commencèrent à pouvoir y accéder, on lui fit aussitôt une réputation de richesse, que l'expérience n'a, jusqu'ici, nullement confirmée ; mais, quand arrivèrent des ingénieurs plus expérimentés, ces illusions s'envolèrent.

Dès 1881, M. Küss a visité cette région, en même temps que les terrains houillers de Tete et que divers gîtes aurifères situés plus au Nord, dont il sera question bientôt, et a conclu à l'inexploitabilité de tous les gîtes qu'il étudia [1]. En fait, il est assez caractéristique que, malgré des facilités spéciales tenant à la position d'Umtali sur la ligne déjà ouverte de Beira à Salisbury, une seule mine de ce district, la Rezende, fasse actuellement un broyage, d'ailleurs insignifiant (77.000 francs d'or en janvier 1902).

Suivant Sawyer, la région, qui s'étend d'Umtali aux sources du Revue (Massikessé) en comprenant Penhalanga, est surtout formée de schistes métamorphiques, adossés à un plateau granitique, qui se développe vers le Nord. Ces schistes métamorphiques et talcschistes, accompagnés de quelques roches gneissiques, comprennent des amas de syénite et diorite quartzifère et sont recoupés par des porphyrites. Ce sont, notamment, des roches éruptives basiques, qui occupent, entre Massikessé (cote 800 mètres) et Umtali (cote 1200 mètres), (c'est-à-dire entre les deux rivières du Revue et de l'Umtali, coulant dans le prolongement l'une de l'autre en sens contraire), le point dit Crow's nest, ou Nid de Corbeau, sur la ligne de partage des eaux (1 600 mètres).

Dans le Nord du district, le reef *Rezende*, encaissé dans les schistes talqueux, forme une série de veines interstratifiées avec ramifications latérales ; il est formé de quartz, tantôt bleu ou très blanc et vitreux avec or libre, tantôt nettement saccharoïde et surtout riche dans ce dernier cas.

Plus au Sud, le *Penhalanga Range* est une ligne de collines de 8 à 10 kilomètres de long, formées de schistes, grès et quartzites, sillonnés de veines quartzeuses minéralisées et recoupés par des diabases ou diorites parfois aurifères. Le filon principal, encaissé dans les schistes talqueux, se compose de lentilles quartzeuses généralement minces, contenant des minerais d'un traitement difficile, mais intéressants pour le minéralogiste, parce qu'ils nous montrent l'or associé, non seu-

[1] Voir encore, sur ce district : 1894. Sawyer, *loc. cit.*, p. 76 à 79 et carte géol., pl. VI. — 1895. Peffau, notes inédites sur le district de Massikessé. — 1898. Bordeaux, *loc. cit.*, p. 175 à 179.

lement avec la pyrite, la galène et la blende comme d'habitude, mais aussi avec la crocoïce (chromate de plomb) : ce qui le rapproche du gisement de Berezowsk (Oural), auquel on peut attribuer un même âge et un mode de formation analogue.

En résumé, si nous concluons, dès à présent, pour ce qui concerne la Rhodésia, dont les formations donnent bien le type général africain, nous voyons une série de veines sulfurées et quartzeuses, encaissées pour la plupart dans des terrains schisteux de constitution diverse (schistes ardoisiers, talcschistes, schistes amphiboliques. etc.), parfois aussi dans des roches plus massives, comme les gneiss et paraissant en rapport d'origine, soit avec des granites, au contact plus ou moins direct desquels elles sont souvent, soit, d'après certains géologues, avec des diorites (?), parfois elles-mêmes légèrement aurifères.

Dans tout cet ensemble, il n'y a pas à proprement parler (sauf peut-être quelques rares exceptions), de grandes cassures profondes, de filons proprement dits, favorables pour une exploitation importante et prolongée. Le réseau des veinules aurifères, qui peut être localement riche, se comporte tout à fait comme un ensemble d'imprégnation profonde, ayant pénétré dans le système des fissures, que lui offrait le bâillement ou la dislocation des schistes et qui était particulièrement accentué dans les joints de stratification : d'où l'apparence habituelle, mais non constante, de filons-couches.

Comme minéralisation, ces filons comprennent, outre la pyrite et la silice qui sont les éléments essentiels (et en laissant de côté, bien entendu, les produits ordinaires d'altération superficielle), de la pyrite de cuivre, de la galène, rarement de la blende, parfois du mispickel ou de la stibine, exceptionnellement de la crocoïse.

On peut trouver ailleurs des points de comparaison, mais toujours dans des régions que nous considérons comme géologiquement homologues de l'Afrique centrale.

Ainsi les analogies sont grandes avec les gîtes brésiliens[1]. Là, également, on a, le plus généralement dans les schistes, parfois dans des grès ou quartzites, des veines quartzeuses à peu près interstratifiées, aboutissant à des enduits minces, comme des vernis aurifères, sur certaines couches (Carrapatos, Caété); parfois ces filons-couches sont entre des schistes micacés et des grès, comme à Passagem ; ailleurs, dans des schistes amphiboliques (Pary); ailleurs encore, on a ce type des quartzites imprégnées de sulfures, qui, aux affleurements, donnent des masses d'oxyde de fer (itabirite), comme on en trouve en Rhodésia et un peu partout en Afrique australe.

[1] Voir. pour leur description plus détaillée, mes *Gîtes minéraux et métallifères*. t. II, p. 939 et bibliographie citée.

La minéralisation, là aussi, comprend, lorsqu'on a pénétré sous la zone oxydée de surface, des sulfures complexes, associés à la pyrite de fer aurifère, du mispickel, de la galène, de la pyrrhotine, du manganèse cobaltifère et, en même temps, des minéraux que nous sommes habitués à trouver dans les granulites on dans le groupe des filons d'étain dérivant de la granulite, comme la tourmaline, le bismuth, le molybdène, qui accentuent le rapprochement proposé ; on est porté à admettre, dans ce cas comme en Rhodésia, que l'or a pu dériver d'un magma granulitique.

Ailleurs, à Berezowsk, dans l'Oural, de nombreuses veines aurifères, ramifiées dans les schistes et talcschistes et contenant des pyrites de fer et de cuivre, avec galène et crocoïse, dérivent également d'une roche granulitique, très chargée de pyrite de fer, qu'on appelle la bérézite.

En Scandinavie, il existe, en plusieurs points, des granulites ou pegmatites fissurées, renfermant des veines de quartz avec pyrite ou chalcopyrite aurifère et parfois avec bismuth ; ailleurs, des amas pyriteux, intercalés dans les schistes (Fahlun), renferment des traces d'or avec sulfo-séléniure de bismuth.

Nous trouverions également des points de comparaison dans l'Australie Occidentale [1].

En laissant de côté ces cas, — plus voisins du nôtre, parce qu'il s'agit de gisements probablement à peu près du même âge, — on peut remarquer que cette relation supposée de gisements d'or avec des massifs granitiques n'est pas sans exemple ailleurs. Il suffira de rappeler le cas de la Californie, où les grands filons de quartz aurifère suivent la zone de contact d'un granite récent et de terrains métamorphiques et semblent en relation avec le granite, dont ils sont, d'après Whitney, contemporains. Ces filons, qui comptent parmi les types les plus caractéristiques de filons proprement dits, renferment, comme les veines du Sud de l'Afrique, un mélange, avec la pyrite, d'autres sulfures métalliques, tels que la galène, la blende, la chalcopyrite. M. Lacroix a, d'ailleurs, observé directement, dans l'Ariège, le développement de galène et de pyrite au contact de dykes granitiques avec des terrains métamorphisés par eux.

On a signalé, en Rhodésia, un autre type de gisements, assez différent au premier abord et qui, cependant, paraît avoir une origine bien analogue et dériver, lui aussi, de magmas rocheux cristallisés en profondeur. Ce sont les prétendues diorites aurifères, type Ayreshire (que nous retrouverons à Madagascar), qui sont, dans bien des cas, de

[1] A ce type se rattachent encore les gneiss aurifères de Madagascar étudiés par M. Lacroix (voir plus loin, chapitre XI) et certains minerais d'Égypte. (Voir plus loin, p. 121.)

simples schistes ou quartzites amphiboliques, ou peut-être des veines émanées de roches plus basiques, comme des gabbros. On sait, à ce propos, combien les géologues suédois sont portés à rattacher leurs sulfures métallifères à ces roches basiques de profondeur (gabbros, etc.), qui les ont dégagés, sur leur périphérie, en fumerolles. Il est, en outre, possible que certaines diorites, et surtout diorites quartzifères, soient de simples granites, modifiés par l'absorption de schistes amphiboliques au lieu de schistes micacés.

Au Nord-Ouest de la Rhodésia, en remontant du Manica et de la vallée du Zambèze vers la chaîne de partage qui sépare le Zambèze du Congo et le Manica du Katanga, on trouve, dans le Garanganja, à *Kansanshi*, un district aurifère, tout nouvellement découvert en 1901, immédiatement exploré par une Société anglaise et sur lequel l'attention vient d'être vivement appelée. Les gisements originels y paraissent constitués de pyrites et chalcopyrites, se rattachant peut-être aux gîtes de cuivre du Katanga [1].

7° COLONIE PORTUGAISE DU MOZAMBIQUE

La colonie portugaise du Mozambique, dans toute sa partie Ouest, prolonge directement le Manicaland rhodésien et j'ai déjà dit un mot du district où se trouvait l'ancien fort portugais de Massikessé, remplacé par les huttes de Nova Massi Kessé, sur la route de Chimoio et d'Andrada, où la Compagnie du Mozambique a placé le siège de l'administration des mines.

M. Peffau a retrouvé là des veines E.-O., intercalées dans les schistes, parfois légèrement obliques à leur direction, parfois aussi au contact du granite : veines, dont aucune n'a pu donner lieu à des travaux sérieux. Une coupe ci-jointe (fig. 28) représente cet ensemble.

Découlant de ce massif aurifère, la vallée du Revue est couverte d'anciens travaux, qui, nulle part, ne descendent jusqu'au bed rock et les recherches récentes se sont bornées à des essais plus ou moins superficiels, qui ont continué à montrer la présence d'un peu d'or dans ces couches, sans en démontrer l'exploitabilité.

D'après M. Küss, qui a été l'un des premiers à explorer cette région en 1881, l'or est dans des alluvions anciennes, formées de sables et cailloux, qui contiennent en moyenne 0,480 gr. d'or au mètre cube, avec un maximum de 1,05 gr. et un minimum de 0,017 gr. L'argile sableuse, qui constitue, au-dessus, les alluvions modernes, est absolument stérile.

[1] Pages 127 à 131.

M. Küss, dans le même voyage[1], a également visité la région de ***Machinga***, un peu au Nord de Muschéna (Nord de Tete) et, là aussi, les conclusions de son étude ont été négatives.

Le soubassement de la région, qui va du Pungwé au Zambèze et s'étend de là vers le Nord, est formé de gneiss, micaschistes, granites, granulites, porphyrites, diorites, avec lentilles de terrain houiller, comme dans le Plateau Central français : le tout recouvert par des grès rougeâtres de l'étage du Karoo.

Au nord, vers Masinga (Machinga), il existe, dans les granulites, des veines de quartz légèrement aurifère et ces mêmes granulites renferment ailleurs de la molybdénite ou du corindon. C'est-à-dire que les conditions de gisement sont analogues à celles que nous venons de

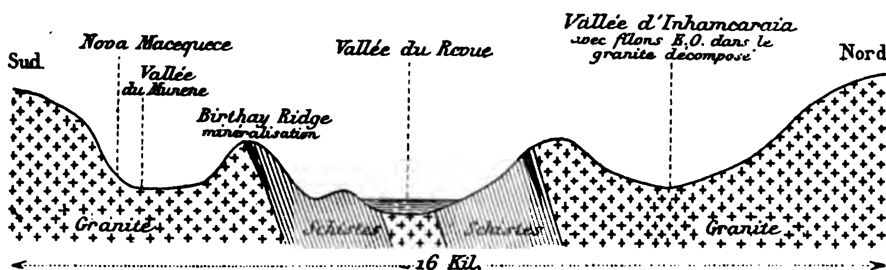


Fig. 28. — Coupe théorie N.-S., perpendiculaire à la vallée du Revue (d'après M. Peffau).

trouver en Rhodésia, et que nous observerons bientôt dans l'Est de l'Egypte. Sur la rive droite du Zambèze, le cours du Mazoé présente de nombreuses marmites de géants. M. Küss, ayant fait vider quelques-unes de ces marmites, n'y a rencontré que de faibles traces d'or, avec du grenat, du fer oligiste et de la magnétite.

8° EST-AFRICAIN ALLEMAND

Dans l'*Afrique Orientale allemande*, les recherches faites pour trouver de l'or ont donné, jusqu'ici, peu de résultats.

On a signalé seulement, au Sud du lac Victoria, à *Usindya*, quelques veines quartzeuses aurifères au milieu de schistes primitifs, et à *Bodei*, Ouest de Tanga, des traces d'or dans les gneiss : c'est-à-dire, dans les deux cas, le type, que nous sommes habitués à retrouver un peu partout en Afrique, d'inclusions aurifères, plus ou moins exactement interstratifiées dans des terrains cristallophylliens métamorphiques.

[1] (*Bull. Soc. géol.*, 3e série, t. XII, p. 303 à 317 et pl. X.) Constitution géologique d'une partie de la Zambézie.

Dans toute la région comprise entre les lacs Nyassa et Victoria, mais surtout à l'Est de ce dernier, il existe un important système de terrains métamorphiques, avec grès et schistes quartzeux ferrugineux très bruns, qui renferment, en divers points, des veines de quartz pyriteux aurifère, notamment au Sud et à l'Est du lac Victoria, au Nord du lac Nyassa.

En 1900, on a annoncé la découverte d'un peu d'or sur les bords du *lac Nyassa.*

Il est intéressant de remarquer que toute cette région des grands lacs, avec ses dislocations violentes et récentes du globe, ses zones d'effondrement, ses manifestations éruptives, ne semble pas présenter la richesse métallifère, à laquelle on aurait pu s'attendre. Ce n'est pas là, d'après les premières explorations, qu'on trouvera, en Afrique, le pendant de ces zones métallisées tertiaires, en relation directe avec les éruptions rocheuses tertiaires, si caractéristiques et si abondantes dans l'Ouest des États-Unis et le Mexique. Tout au plus peut-on conserver encore quelque vague espoir de rencontrer une zone métallifère récente de ce genre du côté de l'Abyssinie, ce centre volcanique si capital, ou, toujours le long du même axe volcanique, en remontant à travers la mer Rouge, vers l'Arabie et vers l'Arménie ; même dans les régions de l'Afrique orientale affectées par des éruptions tertiaires, les rares gisements signalés appartiennent encore, comme dans le reste de l'Afrique, aux formations primitives. C'est, en effet, comme je l'ai déjà indiqué dans l'introduction [1], qu'il n'y a pas, entre les métaux et le volcanisme actif, la relation directe que pourraient faire attendre certaines théories sommaires. Conformément à la notion de profondeur, sur laquelle j'insisterai particulièrement au cours de cet ouvrage, les métaux ont eu besoin, pour se maintenir en dissolution (et, par suite, pour venir cristalliser), d'une pression, qui, sauf pour les plus solubles ou les plus volatils d'entre eux, n'a pu être réalisée qu'à une distance assez grande de la superficie. Quand nous observons un filon incrusté de quartz aurifère ou de galène, c'est que nous avons sous les yeux une zone du globe, qui, au moment où ce filon s'est formé, était, à une certaine profondeur, recouverte par une épaisseur plus ou moins grande de terrains, ultérieurement enlevés par l'érosion ; de même que l'existence à la superficie d'un dôme granitique suppose le décapage préalable de toute l'épaisseur de terrains sédimentaires, sans l'accumulation desquels ce granite n'aurait pu se former. Il faut donc, pour que nous rencontrions, comme en Amérique, des métaux avec des roches tertiaires, qu'il se soit produit une érosion suffisante, dans laquelle, précisément, n'ont pu manquer de

[1] Page 10.

disparaître cet appareil extérieur du volcanisme, ces cônes, ces cratères, ces coulées, qui appellent aussitôt notre attention et, en nous faisant penser à de puissantes manifestations internes, donnent l'espoir, généralement déçu, de rencontrer quelque importante cristallisation métallique.

9° ABYSSINIE

L'Abyssinie paraît présenter des ressources en or, qui sont encore mal connues [1], notamment dans le massif Sud-Ouest, d'où découlent, à la fois, des affluents du Nil Bleu et du Nil Blanc.

D'après la mission de Bonchamps [2], il existe, sur le versant Est de la chaîne des *Beni Chonrouls* (ou Chongoul), à deux jours de marche du confluent du *Dabous* et de la *Didessa*, des quartz aurifères, sur lesquels une exploitation a été commencée par M. Comboul. D'autres gisements ont été reconnus plus au Nord et une Compagnie anglaise en a demandé la concession en 1899. Diverses rivières, découlant de cette chaîne, telles que la *Nirouadda*, affluent du Baro, roulent, dit-on, de l'or.

J'emprunte à un article récent de la *Géographie* [3] l'extrait suivant, relatif à ces gisements :

« L'or, qui arrive à Addis Ababa sous forme de poudre ou de petits cercles, provient des pays traversés par le Nil Bleu et son affluent de gauche, la *Didessa* : *Beni Chongoul, Chankalla, Doubba, Ouallaga* [4]. M. Charles Michel, sur sa carte de l'Ethiopie méridionale au 1/3 000 000e, inscrit, au confluent de la Didessa et du Dabous, à la hauteur du 10e parallèle Nord : Mines de quartz aurifère en exploitation. Depuis un temps immémorial, les indigènes de ces contrées recueillent de l'or. »

L'exportation annuelle de ces mines, dont le centre se trouve à *Nedjo*, est estimée à environ 600 kilogrammes.

Au Nord-Ouest, au contraire, à la limite de l'Abyssinie et du Soudan, la vallée du Nil Bleu, du côté du *Fasokl* ou *Fazooglu*, en amont de Sennaar, passe, depuis longtemps, pour fournir de l'or aux marchands de Souakim. Ce district payait autrefois un tribut en or à l'Egypte et l'on sait que Méhémet Ali entreprit, en 1820, la conquête du Soudan Oriental, en partie par désir de devenir le possesseur des mines d'or, qu'il supposait y exister.

A l'Ouest, une Compagnie s'est formée pour exploiter d'autres gisements d'or dans la colonie italienne de l'**Erythrée**.

[1] Birch. *Gold mines of Ethiopia* (Archæologia, vol. XXXIV, London, p. 357).

[2] *Géogr.*, 1900, p. 25, avec carte.

[3] *Géogr.*, sept. 1901, p. 197.

[4] Les mêmes gisements sont mentionnés ailleurs sous le nom de *Wallega, Bemschongul* et *Shinkalla.*

Enfin, de l'autre côté du Nil, dans le Sud du Kordofan, vers *Seizaban* ou *Sheibun*, à *Takale* ou *Takla* (12° N., 32° E.), c'est-à-dire au Nord du Bahr el Gazal, il y aurait également, suivant Pinkerton, des alluvions aurifères, dont la présence en ce point est plus surprenante, au premier abord, que celle de l'or éthiopien.

10° ÉGYPTE

Les mines d'or de l'Est de l'Égypte, qui furent fameuses dans l'antiquité et qui contribuèrent, pour une forte part, à alimenter d'or le monde ancien, ont été, pour la première fois, étudiées en détail et décrites avec cartes, plans, etc., dans un ouvrage de Linant de Bellefonds paru à Paris en 1868. Cet écrivain a rassemblé, à leur sujet, un certain nombre de textes curieux, ultérieurement complétés, d'après les découvertes nouvelles, par l'égyptologue Sayce, et dont je crois intéressant de rappeler d'abord les principaux : le sujet n'ayant encore fait l'objet d'aucune publication récente en français. De grandes difficultés pratiques, tenant notamment au climat, ont, jusqu'ici, empêché la remise en exploitation moderne des gisements, qui alimentaient autrefois ces mines. Cependant, deux Sociétés anglaises se sont constituées pour mettre en valeur les richesses minières en Égypte, avec un privilège sur de vastes étendues de terrains : l'une, « l'Egyptian Development Syndicate », s'est occupée surtout des mines de turquoises du Sinaï, dont je reparlerai bientôt ; mais l'autre, « l'Egyptian Mines Exploration C^y », a porté une attention toute spéciale sur les gisements d'or en question, et je dirai bientôt brièvement en quoi ont consisté ses efforts, après avoir résumé d'abord ce que l'on sait sur les exploitations antiques[1].

La région minière d'Égypte est située, à l'Est du Nil, dans la chaîne, généralement assez basse (5 à 700 mètres d'altitude), mais atteignant par endroits 2 500 mètres, qui sépare sa vallée de la mer Rouge. Sa longueur totale est d'environ 1 200 kilomètres, sa largeur variable de 45 à 150. Elle commence à peu près à la hauteur de l'extrémité Sud du Sinaï et se continue jusque vers Souakim, où l'on entre dans la

[1] Voir : 1868 LINANT DE BELLEFONDS. L'Etbaye, pays habité par les Arabes Bicharieh ; géographie, ethnologie, mines d'or, avec atlas. Paris. — 1882. LOCK. *Gold, its occurrence and extraction,* p. 4 à 10. — 1901. ALFORD. *Institution of mining and metallurgy.* — 1902. LIEBENAM. *Goldbergbau in Ægypten* (Zeits. für prakt. Geol., janv. 1902, p. 9 à 15. — Comme publications récentes sur la géologie de l'Égypte, voir : 1883. ZITTEL. *Geologie und Paleont. der Libyschen Wüste* (Paleontographica XXX). — 1900. *Compte rendu du congrès géologique de Paris* (p. 839 à 932). : Notes de HUGH J. L. BEADNELL sur la vallée du Nil ; de T. BARRON et W. F. HUME sur le désert oriental de l'Egypte, de W. F. HUME sur le Sinaï. — 1900 MAX BLANCKENHORN. *Neues zur Geol. und Paleont. Egypten* (Zeits. f. prakt. Géol. 1900, 392 à 396). — *Ibid.* 1901, p. 40 et 159. — Publications du *Geological Survey d'Egypte*, depuis 1896.

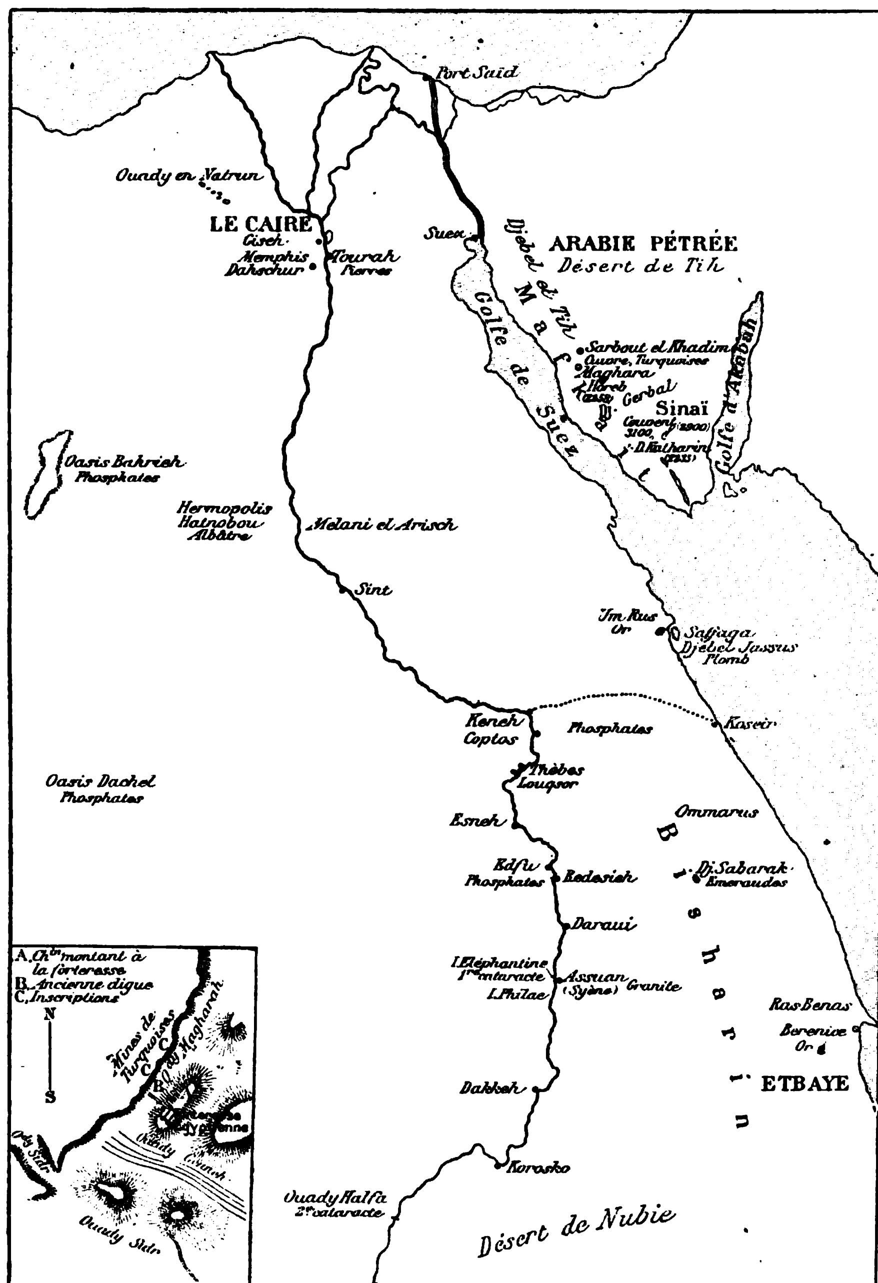


Fig. 29. — Carte des gîtes miniers de l'Egypte, avec détail des mines de Turquoises du Sinaï.

Échelle au 1 : 6 660 000e.

région abyssinienne, qui, elle-même, comprend des richesses minières, réputées autrefois comme d'une grande valeur (Fazogl, Nedjo, etc.). C'est là que se trouvent, outre les mines d'or, les fameuses mines d'émeraudes du Dj. Sebara (ou Sabarak), quelques gisements de plomb argentifère à Saffaga, dont je dirai bientôt un mot, les célèbres carrières de syénite de la région d'Assuan, d'importantes carrières de pierre de taille, d'albâtre, de marbre blanc, etc.

Cette région, aujourd'hui déserte et désolée, est des plus mal connues et des plus incomplètement explorées, quoique, tout à côté, des milliers de touristes remontent, chaque année, la vallée du Nil. Il en résulte des incertitudes et des confusions très probables dans les identifications, proposées avec assurance par les prospecteurs modernes, relativement aux mines connues par des textes anciens. Dans l'antiquité, ce désert était traversé par des routes de caravanes reliant le Nil à la mer Rouge, routes qui se sont perpétuées à peu de chose près : l'une de Keneh (ou de l'antique Coptos) à Kosseir (Quoçeîr, l'antique Saou), le long de laquelle nous aurons l'occasion de décrire des gisements de phosphates ; une seconde, de Coptos à Thèbes, Redesieh et à la Tête de Nekhabit (Tap-Nekhabit), la Bérénice des Grecs (en passant près du Djebel Sebara et de ses émeraudes); une troisième, de l'île Eléphantine ou Nekhabit, c'est-à-dire de la première cataracte près d'Assuan, et aboutissant au même port de Bérénice[1].

Les mines antiques devaient former deux groupes principaux, tous deux voisins de la côte, l'un au Nord de Kosseir, l'autre voisin de Bérénice. Dans les anciennes descriptions, ces dernières mines sont parfois décrites comme celles du désert de Bischarin (ou Bisharee sur les cartes anglaises) (Bedja), ou encore comme mines de l'Etbaye (fig. 29).

L'exploitation de l'or en Égypte remonte certainement aux temps les plus primitifs. Une tombe préhistorique, découverte par M. Quibell à El-Kab, à l'extrémité de la route de la mer Rouge au Nil, renfermait déjà un petit lingot d'or de 30 grammes. Quelques-unes des plus anciennes tombes de Dashur (12[e] dynastie, c'est-à-dire 2500 ans av. J.-C.), contiennent de nombreux ornements d'or, et un haut fonctionnaire de ce temps raconte, dans l'inscription de son monument funéraire, qu'il a dirigé le transport de l'or depuis les mines situées entre Keneh et Kosseir jusqu'à Coptos (près Keneh).

D'ailleurs, sur les exploitations d'or antiques et leur importance, d'une façon générale, les textes ne manquent pas. Ainsi, des lettres, découvertes il y a quelques années à Tel-el-Amama, nous montrent l'Asie tirant son or de l'Égypte dans le siècle qui précéda l'Exode. Les mis-

[1] Voir, à ce sujet : Maspero. *Histoire ancienne des peuples d'Orient*, I, p. 495, avec carte de la route entre Keneh et Kosseir.

sives, que le Pharaon reçoit de ses employés en Asie, lui demandent de l'or, « qui est, en Égypte, aussi abondant que le sable du désert ». C'est en Égypte que le roi de Babylone envoie chercher l'or nécessaire à la construction des temples. Le roi d'Assyrie, écrivant au Pharaon, lui rappelle que son père et même le roi de la lointaine Cappadoce ont reçu jadis 20 talents d'or de la bonté du souverain égyptien, que lui-même en a obtenu autant.

Deux siècles plus tard, au moment où l'empire égyptien s'effondra, envahi par les Barbares du Nord, l'extraction d'or était encore considérable. Le grand papyrus de Harris contient une indication sur les offrandes et cadeaux de Ramsès III (20e dynastie) aux temples égyptiens, et le total en est extraordinaire. Plus tard, sous les Ptolémées, on dut encore tirer beaucoup d'or de ces mines. Car le revenu annuel qu'en obtenait Ptolémée II montait à 14 800 talents, ou près de 100 millions de francs et, suivant Strabon, sous Ptolémée Aulète, alors que l'Égypte était complètement en décadence, ce revenu s'élevait encore à 12 100 talents, soit 75 à 80 millions.

En raison de ces chiffres, la région minière d'Égypte est l'un des nombreux points du globe, où les archéologues ont promené cette fabuleuse Ophir, d'où les flottes du roi Salomon ramenèrent, en un seul voyage, 450 talents d'or ; elle partage cet honneur avec l'Inde, l'Afrique du Sud (Zimbabyé), etc. ; mais les vraisemblances semblent plus grandes en sa faveur qu'en toute autre, et il est bien normal de penser que l'or, si abondant dans les tombes grecques de l'époque mycénienne, c'est-à- dire d'une époque où les relations avec l'Égypte étaient certainement fréquentes, venait, en grande partie, de l'Égypte [1].

Quand on passe aux identifications de détail, on rencontre plus d'incertitudes, malgré la précision de quelques documents.

Nous avons déjà vu que les mines les plus anciennes, celles de la 12e dynastie, devaient être du côté de la route de Keneh à Kosseir, c'est-à-dire probablement dans la région où l'on a retrouvé les filons d'*Um Rus*, dont il sera question plus loin.

Sous la 19e dynastie, de nouvelles mines furent ouvertes beaucoup

[1] Un passage d'Hérodote (Thalie III, 17) a été également cité à l'appui de cette thèse. Dans ce texte assez vague, il est seulement dit, au milieu d'énonciations très fantaisistes, que, du côté de l'Ethiopie, les Indiens Macrobes attachaient leurs captifs avec des chaînes d'or.

Il ne faut pas oublier que, pour les anciens Égyptiens eux-mêmes, l'or était une substance rare, qu'on allait, à travers mille dangers, chercher au loin, vers le Sud, du côté de la Nubie, c'est-à-dire de l'Abyssinie, dans ce Pouanit, qui caractérisait tous les pays du Sud et qui était, avant tout, la terre de l'encens : témoin ce conte, cité par Maspero (Hist. anc., I, 496), où un aventurier, parti pour chercher de l'or en Nubie, vient faire naufrage sur la mer mystérieuse qui borne le monde au midi.

plus au Sud du désert. Nous entendons alors parler pour la première fois des mines de *Ouady-Abbas*, près Rédisiya (Redesieh) et d'*Akita*. Un précieux papyrus de Turin contient le plans des exploitations d'Akita (marquées en rouge, dit la légende connexe), avec les demeures des laveurs d'or, les digues des réservoirs destinés à l'alimentation d'eau, les chemins abandonnés qui conduisaient à la mer, l'emplacement de la pierre commémorative de Seti Ier, etc. Ces mines d'Akita paraissent, suivant ce papyrus, avoir été ouvertes par Seti Ier, qui les relia au Nil par une route aboutissant à peu près au point où se trouve aujourd'hui Dakka (Dakkeh), entre la première et la seconde cataracte, et c'est par cette route que l'on amenait les captifs condamnés au dur travail des mines. D'après une inscription, il voulait creuser des sources dans le désert pour trouver de l'eau, mais y renonça après être descendu à 70 mètres (120 cubit). Plus tard, son fils Ramsès II, ayant approfondi la fouille de 4 mètres, rencontra une source abondante.

Une forteresse égyptienne, construite près de Dakkeh, à Kouban, commandait l'accès de l'*Ouady* (Wady) *Olaki*, qui menait droit à ces mines d'or de l'*Etbaye*[1], situées dans les nombreux Ouady, ou lits de rivière desséchés, qui sillonnent ce massif montagneux : l'Ouady Shaouanîb, l'Ouady Oumm-Teyour, le Djebel Iswoud, le Djebel Oumm-Kabrite. L'exploitation, commencée depuis un temps immémorial par les Ouaouaiou, portait, d'après les descriptions antiques, non sur des alluvions, mais sur des filons quartzeux à or libre.

Les mines d'*Ouady Olaki* (ou *Alagi*)[2], furent exploitées sous les Ptolémées, et un auteur grec, Agatharcides de Cnide, qui écrivait environ 170 à 180 ans avant J.-C.[3], nous apprend comment on y broyait le quartz pour en extraire l'or. Il les place près du mont Altahi, non loin de l'ancienne Bérénice Panchrysos, c'est-à-dire par 22°N. Elles furent, suivant lui, interrompues par l'invasion des Éthiopiens vers le VIIIe siècle avant J.-C., et l'extension de leurs galeries était si grande qu'elles devaient aboutir à la mer. Suivant d'autres écrivains, les mêmes mines se trouvaient à environ dix-sept ou dix-huit jours de marche Sud-Est de Derow, un village un peu en aval de Kom Ombo. Ces mines de l'*Ouady* ou du *Djebel Olaki* ont été longtemps exploitées par les Arabes et ont été abandonnées, paraît-il, parce qu'elles ne couvraient plus les frais ; mais, dans l'ensemble, toutes les mines

[1] Voir CHABAS, *Les inscriptions des mines d'or.* — MASPERO. *Histoire ancienne*, t. I, p. 480.

[2] Ces mines sont désignées, suivant les auteurs, par les noms d'Alagi, Olaki, Ollagi (Ollagee en anglais). qui représentent évidemment un même mot arabe. Les exploitations. avec le temps, paraissent s'être reportées vers le Sud-Est.

[3] MULLER-DIDOT. *Geographi greci minores*, t. I, p. 123-129. Cf. DIODORE DE SICILE, III. 12-14.

égyptiennes furent surtout délaissées le jour où le gouvernement égyptien n'eut plus la force d'entretenir les routes, les sources, les retenues d'eau dans la montagne, indispensables dans ce pays desséché.

Sur l'exploitation même des mines antiques d'Etbaye, nous possédons, outre le texte, déjà mentionné plus haut, d'Agatharcides, un intéressant passage de Diodore de Sicile, qui montre l'emploi du sluice et de la coupellation :

« A l'extrémité de l'Égypte, entre les confins de l'Arabie et de l'Éthiopie, se trouve un endroit riche en mines d'or. C'est un minerai noir, marqué de veines blanches et de taches resplendissantes. Ceux qui dirigent les travaux de ces mines emploient un très grand nombre d'ouvriers, qui tous sont, ou des criminels condamnés, ou des prisonniers de guerre et même des hommes poursuivis pour de fausses accusations et incarcérés par animosité ; les rois d'Égypte forcent tous ces malheureux, et quelquefois même tous leurs parents, à travailler dans les mines d'or. La roche qui renferme l'or étant très compacte, on la rend cassante à l'aide d'un grand feu ; puis on la brise avec des outils de fer, qui servent à tailler les pierres. Celui qui reconnaît la veine d'or se place à la tête des ouvriers et leur désigne l'endroit à fouiller. Les plus robustes des malheureux condamnés sont occupés à briser le silex avec des coins de fer ; les galeries, qu'ils pratiquent de cette façon, ne sont pas droites, mais vont dans la direction du filon métallique ; les travailleurs portent des flambeaux attachés au front. Des enfants pénètrent par les galeries souterraines, ramassent péniblement les fragments détachés et les portent au dehors, à l'entrée de la galerie. D'autres ouvriers, âgés de plus de trente ans, prennent une certaine mesure de ces fragments et les broient dans des mortiers de pierre avec des pilons de fer, de manière à les réduire à la grosseur d'une lentille. Le minerai ainsi pilé est pris par des femmes et des vieillards, qui le mettent dans une rangée de meules et, se plaçant deux ou trois à chaque manivelle, ils réduisent par la mouture chaque mesure de minerai pilé en une poudre aussi fine que la farine. Tous ces malheureux sont entièrement nus. Enfin les mineurs ramassent le minerai ainsi moulu ; ils l'étendent d'abord sur des planches larges et un peu inclinées ; puis ils y font arriver un courant d'eau, qui entraîne les matières terreuses, tandis que l'or, plus pesant, reste. Ils répètent plusieurs fois cette opération, frottent la matière légèrement entre les mains, et, en l'essuyant mollement avec des éponges fines, ils achèvent d'enlever les impuretés, jusqu'à ce que la poudre d'or devienne nette et brillante. D'autres ouvriers reçoivent un poids déterminé de cette poudre et la jettent dans des vases de terre ; ils y ajoutent du plomb en proportion du minerai, avec quelques grains de sel, un peu

d'étain et du son d'orge. Après quoi, ils recouvrent les vases d'un couvercle, qu'ils lutent exactement, et les exposent à un feu de fourneau pendant cinq jours et six nuits sans discontinuer. Ils les retirent ensuite du feu et les laissent refroidir ; en les découvrant, ils n'y trouvent autre chose que l'or devenu très pur et ayant un peu perdu de son poids ; toutes les autres matières ont disparu. »

Comme complément à cette description, un certain nombre de découvertes ont déjà été faites dans les explorations de quelques-unes de ces mines antiques : notamment, dans ces derniers temps, par Alford. Généralement, ces mines sont signalées par les ruines de maisons, parfois groupées seulement par deux ou trois le long d'un ouady, ailleurs, au contraire, réunies de manière à avoir pu loger un millier d'hommes. Parfois, comme à Fatira, on a trouvé de longues murailles en pierre parallèles, entre lesquelles on a supposé que devaient se mouvoir les prisonniers, et des tours de guet. Les galeries sont toujours des descenderies suivant la pente du filon ; nulle part, on n'a essayé de forer un travers-bancs, quoique le terrain s'y prêtât. Des restes de meules ont été également découverts.

Une question, qui présentait une importance capitale autrefois comme aujourd'hui, était celle de l'approvisionnement en eau ; on avait fait, à cet égard, de grands efforts pour recueillir les moindres pluies par des citernes cimentées, réservoirs, etc., et pour aller chercher les moindres filets d'eau souterrains par des puits, que le sable a comblés.

Voici, d'après les dernières explorations, ce que l'on sait sur la géologie de ces gisements aurifères, dont quelques-uns, ceux de la côte au Nord de Kosseir, ont été remis en exploitation.

Le massif montagneux est essentiellement formé d'un granite amphibolique à orthose rouge, qui lui communique sa teinte générale. On trouve, en outre, un granite gris à grain fin, du gneiss et des micaschistes. Ce noyau primitif est recoupé par des filons et intrusions de granulite blanche très feldspathique, de porphyre quartzifère, d'orthophyre, etc., et l'ensemble est recouvert par les grès nubiens, rouges ou bruns, avec lits d'hématites, qui forment généralement des couches horizontales. A la base et au contact des roches cristallines, un conglomérat, surtout développé dans le Nord, a été exploité activement par les Romains (Hammamat, route de Keneh à Kosseir) comme pierre d'ornement. Les grès nubiens sont recouverts par du crétacé (vallée du Nil, près Edfu et Redesieh), avec lentilles charbonneuses et niveaux phosphatés, puis par du calcaire nummulitique, etc.

Les filons de quartz aurifères semblent faire partie des granulites ou pegmatites, qui traversent les granites et gneiss. L'or serait donc là dans les conditions où on le trouve, en divers points du Plateau Central, dans l'Oural, en Cornwall, en Telemark, soit seul, soit associé avec

l'étain, le bismuth et des métaux du même groupe, (parmi lesquels il faut compter le cuivre), avec de la pyrite, du mispickel, ou même de la stibine. C'est, autant qu'on en peut juger, un type de gisement hercynien relativement profond.

Les travaux de l' « Egyptian mines Exploration » ont été concentrés en 1901 sur *Um Rus*, à environ 360 kilomètres au Sud de Suez, et à 6 kilomètres du port d'Imbarak sur la mer Rouge. Les filons, très nombreux, ont été presque tous exploités autrefois, au moins jusqu'à 50 mètres de profondeur, et l'on s'est efforcé surtout de passer au-dessous de ces anciens travaux, qui ont, par endroits, plus de 250 mètres en direction et dans lesquels il n'y a plus qu'à glaner. Dans le Ouady Imbarak, au Sud des mines, on voit encore les ruines nombreuses des maisons de ces anciens ouvriers.

Les filons d'Um Rus sont formés de quartz blanc ou grisâtre, souvent pyriteux, d'une épaisseur de 0,40 m. à 1 mètre; on n'y a trouvé aucun autre minerai que la pyrite et l'or.

Les difficultés de l'exploitation tiennent au défaut de combustible, au climat qui est très aride et très chaud, quoique non malsain et au manque d'eau, auquel on supplée approximativement par des citernes ou des barrages. On trouve, comme ouvriers, des fellahs, moyennant 1 fr. 50 à 2 francs par jour. Les mines un peu éloignées de la mer auraient, en outre, des frais de transport considérables; la charge d'un chameau (150 à 200 kilog.) coûte environ 0 fr. 65 de transport par kilomètre.

CHAPITRE II

LE CUIVRE EN AFRIQUE

A. — **Généralités et production industrielle.**
B. — **Description par régions :**
1° **Gabon.**
2° **Bassin du Niari** (**Congo**).
3° **Katanga** (**Congo belge**).
4° **Angola.**
5° **Sud-Ouest africain allemand** (**Damaraland**).
6° **Namaqualand anglais** (**Ookiep**).
7° **Rhodésia.**
8° **Afrique orientale allemande, Zululand et Transvaal.**
9° **Madagascar.**
10° **Algérie et Tunisie** (**Tenès, Mouzaïa; Bougie, Kef-oum-Theboul**).
11° **Sinaï.**

Un des métaux, dont la présence a été le mieux et le plus réellement reconnue dans le Massif Africain, est le cuivre. Et cela se conçoit aisément pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les considérations géologiques, exposées précédemment, font prévoir le grand rôle, que doivent jouer, selon toutes vraisemblances, le cuivre et le fer (avec peut-être du nickel, du cobalt, etc.) dans les formations minières africaines, en raison du caractère profond de celles-ci. Mais, surtout, le cuivre est un métal, dont les affleurements attirent aussitôt l'attention par leur belle coloration verte ou bleue, un métal dont les minerais, faciles à réduire, peuvent être traités par les populations les plus primitives et un métal, dont les usages sont nombreux, dont le travail est aisé. Les régions de l'Afrique centrale en sont encore à cet âge du bronze, par lequel semblent avoir passé tous les peuples; les noirs connaissent le fer, mais ne réussissent guère à le produire; le cuivre leur convient beaucoup mieux. Aussi des gisements de cuivre ont-ils été souvent explorés par eux et se signalent-ils, dès lors, même à la course rapide d'un explorateur, par la renommée qui les annonce, par les déblais ou les excavations, qui en marquent la présence.

Pratiquement, la production de cuivre en Afrique est évaluée, en tonnes, par la « Mineral Industry » aux chiffres suivants :

		1896	1897	1898	1899	1900
Algérie		»	»	»	»	»
Namaqualand	Cape Company	5 558	5 375	4 735	4 206	4 491
	Namaqua C°.	2 012	2 215	2 438	2 388	2 337

c'est-à-dire qu'il n'y a réellement, en Afrique, à l'heure actuelle, qu'un centre de production cuprifère, le Namaqualand anglais, et une région susceptible d'en produire d'une façon intermittente, l'Algérie.

Mais on a découvert, en outre, dans diverses parties de l'Afrique, des minerais de cuivre abondants, que leur éloignement de la côte rend seul inexploitables. Ces minerais, connus uniquement à leurs affleurements, se présentent généralement sous la forme oxydée (carbonates, silicates, etc.), parfois en relation avec des calcaires. Il paraît exister, de plus, en bien des points, au milieu des terrains schisteux métamorphiques, de grands amas sulfurés (pyrite cuivreuse et chalcopyrite), analogues à ceux que l'on exploite déjà en Namalaquand, ou, si l'on veut, aux types classiques de Norvège, du Canada, de la province d'Huelva. La présence de ces amas pyriteux, dans des régions où l'on connaît aussi de grandes lentilles de fer oxydé, est un rapprochement de plus avec les zones du globe, comme la Scandinavie, où les parties profondes de l'écorce se sont trouvées mises à nu par l'érosion.

Quoique inutilisables aujourd'hui et même de plus en plus abandonnés par les indigènes, qui y travaillaient avant la venue des européens, ces gisements de l'intérieur de l'Afrique peuvent constituer une ressource importante dans un avenir relativement restreint.

1° GABON

Il existe, d'après M. Barrat[1], dans la région des *Monts de Cristal* et dans la *Gabonie*, des gisements de malachite, chalcosine et, peut-être même, cuivre natif. « Les gîtes de cuivre du Gabon seraient, dit-il, probablement assez voisins de la côte pour être exploités. Ils diffèrent, aux affleurements, de ceux du Kouilou (Niari), la malachite y étant généralement associée au gypse, comme dans l'Angola. Ce sont des gîtes sédimentaires. » Et, ailleurs : « C'est à ce facies (lagunaire), que nous rattachons les grès (permotriasiques ?) de Dombe et ceux de la Gabonie, qui renferment des gîtes de sel gemme, de gypse et de malachite sédimentaires ». Ce sont les seuls renseignements que je possède

[1] BROUSSEAU. *Notes sur la géologie du Gabon et des monts de Cristal.* (Géographie, 1901, 524 à 526).

sur ces gisements, dont l'origine uniquement sédimentaire paraît, en raison de la présence de la malachite, assez discutable, malgré l'affirmation précise de Barrat, le métamorphisme ayant dû, en tous cas, intervenir et le gypse n'étant peut-être que le résultat d'une double réaction du sulfure métallique sur un calcaire.

2° BASSIN DU NIARI (CONGO)

Les gîtes du bassin du *Niari*, sont beaucoup mieux connus par les divers travaux de MM. Le Chatelier, Marcel Bertrand, Barrat[1].

Ces mines du Niari (fig. 30) sont situées entre Loudima et Brazzaville, dans la partie du Congo français contiguë au Congo belge. Elles ont été exploitées longtemps par les nègres et approvisionnaient de cuivre toute la région de l'Ogooué et le pays des Batekés ; des maisons de Marseille en tiraient même de la malachite. Les relations plus suivies avec l'Europe ont permis d'importer, au Congo, le cuivre, qui forme la principale monnaie du pays et les nègres ont, sauf à Mindouli, cessé les exploitations, que les Européens, d'autre part, n'ont pu reprendre, le transport des marchandises de la côte aux mines coûtant un prix énorme. En 1895, on payait, par tonne, 1 500 francs. L'ouverture du chemin de fer belge jusqu'à Léopoldville a dû réduire un peu ce prix, mais sans rendre encore les gisements exploitables.

On a là une région de terrains primaires, rattachés très hypothétiquement au dévonien et comprenant des calcaires magnésiens (à peu près horizontaux dans cette région) reposant, à l'Ouest de Loudima, sur une formation schisteuse et surmontés à leur tour en discordance, dans le Haut Niari, entre les deux principaux centres cuprifères, par des grès de la formation du Karoo. Ces calcaires sont compacts, d'une couleur gris bleuâtre et en couches nettement stratifiées. La magnésie y est généralement abondante, ainsi que dans les argiles superficielles, résultat de l'altération de ces calcaires et les fait parfois passer (près de Loudima) à de véritables dolomies. C'est là un fait que, pour une raison quelconque encore mal expliquée, on retrouve dans la plupart des régions calcaires, englobant des grès métallifères de plomb, zinc, cuivre, etc.

[1] Voir, à l'École des mines, la collection départementale et coloniale. — Cf. : 1886. CH. DE CHAVANNES. (*Bull. Soc. géogr. de Lyon*), février-mars 1886 (in *Reclus*, 13, p. 279). — E. DUPONT. *Lettres sur le Congo*. — 1893. A. LE CHATELIER. *Sur le gisement de dioptase du Congo français* (d'après des déterminations de Lacroix). (C. R. 24 avril 1893). — 1894. M. BERTRAND. *La géologie et les mines du Bassin du Niari* (d'après les observations de MM. Chollet, Thollon, Regnault, Lamy, Alvernhe). (Rev. gén. des Sciences, 15 nov. 1894, avec carte du bassin du Niari). — 1895. M. BARRAT. *La géologie du Congo*, (Ann. des Mines, p. 460 à 466 et 499 à 500; avec croquis des gîtes de Mindouli). — 1900. A. LE CHATELIER. *Bassin minier du Niari*. (Géographie, 1900, p. 101).

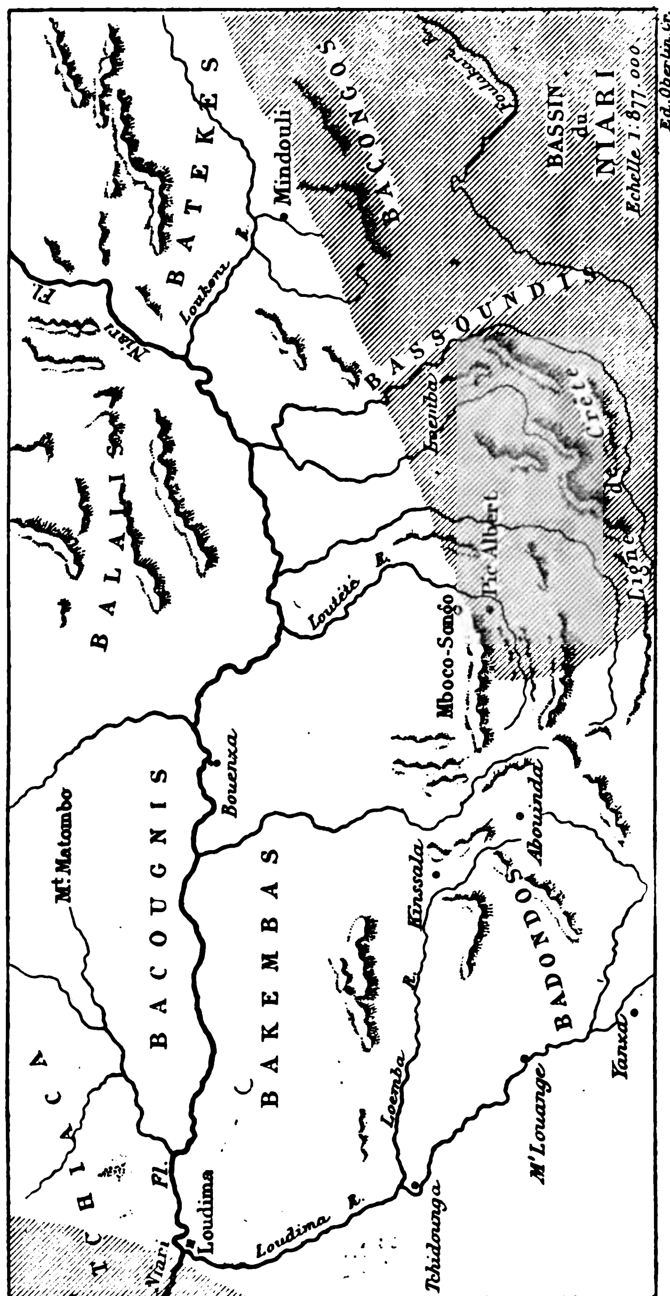


Fig. 30. — Carte des gisements cuprifères du Niari (Congo Français).
(On a laissé en blanc le dévonien du Congo, série calcaire, et couvert de hachures les grès rouges du Karoo.)

Des explorations attentives, faites entre la Loudima et Mindouli (sur

un affluent de la Loukoni), suivant une longueur totale de près de 100 kilomètres, en remontant les vallées de la Loemba, du Nkenké, de la Loutété, paraissent avoir démontré que la venue métallifère était uniquement intercalée dans les calcaires et disparaissait dans les grès superposés : ce qui prouverait l'âge hercynien de la formation métallifère, antérieure à ces grès du karoo.

Les conditions du gisement primitif et profond ne sont malheureusement pas connues, les travaux actuels n'ayant au maximum que 10 mètres de profondeur ; on a bien vu, entre les mains des noirs, de la chalcosine à peu près pure ; on a recueilli quelques blocs de cuivre gris et de galène avec veines oxydées ; mais chalcosine et cuivre gris ne sont eux-mêmes que des formes altérées superficielles et le type ordinaire des gisements présente une altération encore plus manifeste, dont je donnerai bientôt les types. Ne connaissant que le chapeau d'altération des gîtes, on en est réduit aux hypothèses pour le gîte profond, qui a bien des chances pour être un mélange, plus ou moins complexe, de galène, chalcopyrite, pyrite de fer et blende, contenant, suivant les points, une abondance plus ou moins grande de l'un ou l'autre des métaux : plomb, cuivre, fer et zinc et constituant probablement des filons avec phénomènes de substitution, localisés dans une zone plissée de calcaires, — à moins, ce qui est peu probable, que l'on n'ait affaire à des niveaux métallifères du genre des gisements silésiens, ou des grès à nodules cuprifères et plombifères permo-triasiques, que l'on connaît maintenant dans de nombreux pays (Prusse rhénane, etc.).

Quoi qu'il en soit, la forme superficielle des gîtes, seule accessible actuellement, rappelle des formations similaires, que l'on exploite activement dans l'Oural (près de Medjnoroudiank) et dont nous avons eu autrefois un type intéressant en France, à Chessy.

L'altération des sulfures métalliques profonds au contact des eaux superficielles, chargés d'oxygène et d'acide carbonique et des calcaires, a transformé le sulfure de fer en limonite, celui de cuivre en malachite, dioptase (silicate de cuivre hydraté, négligé par les indigènes), oxyde, et, plus profondément, chalcosine ou cuivre gris, le zinc en silicate, parfois manganésifère (calamine ou willémite) et laissé la galène, comme d'habitude, à peu près intacte, sauf un commencement d'altération en cérusite et wulfénite, en même temps que l'attaque des calcaires donnait des argiles rouges, mêlées de veinules siliceuses, où sont empâtés, plus ou moins irrégulièrement, les minerais précédents.

Un plan et une coupe du gîte de *Mindouli*, donnés par M. Barrat (fig. 31), montrent son aspect, qui, du pied, est celui d'un cirque de collines, dans lequel se dessine, à environ 80 mètres du fond, au-dessus d'une pente d'argile rouge, une ligne noire, formée par une couche en

saillie d'un minerai noirâtre à 35 p. 100 de bioxyde de manganèse et 16 p. 100 d'oxyde de cuivre, ayant 1 à 2 mètres de puissance. « Au-dessus, d'après Barrat, sur une hauteur de 50 mètres, une roche calcédonieuse contient des géodes nombreuses, avec cristaux et mouches de dioptase et de malachite. La crête de la colline est formée d'argile rouge ; en la franchissant, on trouve un ruisseau, où M. Thollon a recueilli des dioptases avec cristaux d'argent natif et une roche grise légère, composée presque exclusivement de silicate de magnésie ; en remontant ce ruisseau, on observe, dans la roche quartzeuse, plusieurs filons verticaux, larges de 4 à 5 centimètres, contenant du sulfure de cuivre argentifère.

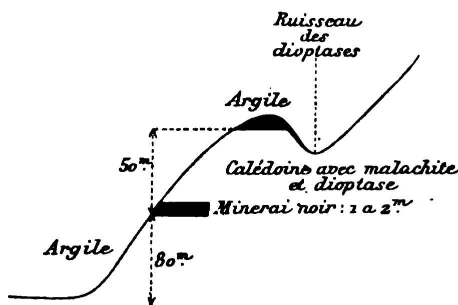


Fig. 31. — Coupe théorique du gîte de cuivre du Niari (d'après Barrat).

D'autres parties du même massif calcaire renferment de la galène, avec cérusite, wulfénite, malachite. On trouve également, à Mindouli, un silicate de cuivre amorphe, dont la couleur varie du bleu au vert et qui a la même composition que la dioptase. Enfin, M. A. Le Chatelier a signalé une roche, constituée par un mélange de quartz, de willémite, de carbonates de chaux et de plomb.

Le massif de *Mboko-Songo*, situé plus à l'Ouest dans la région du poste de Bouenza, renferme de nombreux gisements de cuivre et de plomb dans des conditions analogues, mais avec moins de silice dans les terrains, en sorte que les altérations ont pris uniquement la forme carbonatée. Le cuivre serait plus abondant à l'Ouest, où M. Dupont a vu des poches d'argile rouge, creusées dans des calcaires bleus, au contact de schistes noirs et contenant des blocs de malachite, galène, cérusite, limonite, phosphate de fer.

Près de *Loudima*, à Tchidounga, il existe un gîte de cuivre remanié.

On a cru remarquer dans certains gîtes, un appauvrissement en cuivre et un enrichissement relatif en plomb, quand on s'enfonce. Le fait, s'il est exact, doit résulter de la concentration qui se produit toujours, pour les gîtes de cuivre, à une certaine distance de la surface et qui semble les enrichir là localement.

3° KATANGA (CONGO BELGE)

Dans le Sud-Est du Congo belge, la région du *Katanga* (fig. 32) est, depuis longtemps, célèbre pour ses gisements cuivreux, dont l'étude

technique a été faite, en diverses publications, par M. Jules Cornet, adjoint à l'expédition Bia (1891-1893)[1].

On trouve déjà des indications sur ce sujet dans les récits de Livingstone (1857 à 1874), de Cameron (1876), de Thompson (1887), des docteurs Boehm et Reichard (1885), des explorateurs portugais Capello et Ivens (1886), de Wissmann (1890). En mai 1891, la Compagnie du Katanga chargea deux expéditions d'explorer les territoires, dont l'exploitation lui avait été concédée par l'Etat indépendant du Congo ; la première, commandée par le capitaine Stairs, devait gagner le Katanga par la côte orientale et le Tanganyika ; la seconde, dirigée par le capitaine Bia, remonter le Congo, le Kassaï et le Sankourou jusqu'à Lusambo, puis, de Lusambo, gagner Bounkeia, au centre du district du Katanga. C'est avec cette dernière que M. Cornet a reconnu des gisements de cuivre et de fer, dont je donnerai bientôt la description. Ces gisements, malgré leur importance, n'ont pu être, jusqu'ici, mis en valeur[2] et ne le seront guère, sans doute, avant que l'Afrique Centrale soit assez développée pour avoir une consommation de cuivre locale. Les frais de transport seraient, en effet, énormes pour gagner le fleuve par caravane, descendre à Stanley-Pool par eau, puis, de là, en chemin de fer à Matadi : peut-être dix francs par kilogramme. Tout récemment, une Compagnie anglaise, formée pour l'exploitation de la région de

[1] Voir un historique dans le mémoire de J. Cornet sur les gisements métallifères du Katanga (*Mém. de la Société des Sciences du Hainaut*, 1894) et la bibliog. suivante :

Publications de J. Cornet sur le Congo : 1894. *Die geologischen Ergebnisse der Katanga-Expedition* (Petermanns Mittheilungen). — 1894. *Les formations post-primaires du bassin du Congo* (Ann. Soc. géol. Belg., t. XXI, 87 p. et carte géolog. en couleurs). — 1894. *La géologie de la partie S.-E. du bassin du Congo et les gisements métallifères du Katanga* (Rev. univ. des mines, t. XXVIII, 3e série, p. 217, 74 p. et 2 pl.). — 1894. *Les gisements métallifères du Katanga* (Mém. de la Soc. des Sc. du Hainaut). — 1896. *Les dépôts superficiels et l'érosion continentale dans le bassin du Congo* (Bul. Soc. belge géologie, t. X, p. 44 à 116). — 1896. *Observations sur la géologie du Congo occidental* (Bul. Soc. belge géol., t. X 10 p.). — 1897. *L'âge de la pierre dans le Congo occidental* (Bul. Soc. anthrop. de Bruxelles, t. XV). — 1897. *Observ. sur les terrains anciens du Katanga* (Annales Soc. géol. de Belg, t. XXIV). — 1899. *Études sur la géologie du Congo occidental entre la côte et le confluent du Ruki* (Bul. Soc. belge géologie, t. XI, 1897, p. 311 à 377). — 1901. *Notes sur les roches du mont Bandupoi et du Haut Uellé* (Bul. Soc. belge géol., t. XII, p. 26). — *La géologie du bassin du Congo* (Bul. Soc. belge géol., t. XII). — Cf. : *Zeitschrift für praktiche Geologie*, 1894, p. 404 ; 1895, p. 91 ; 1896, p. 122. — Reclus. *Géographie universelle*, t. XIII, p. 211, 279, 375. — Wauters. *L'état indépendant du Congo*. Bruxelles, Falk fils, 1899, 527 p., in-8e, avec bibl. et chapitre sur les minerais par J. Cornet. — *La mission Gendron-Jobit* (Géographie, 15 mars 1901). — Demars. *Le plateau central du Congo français* (Géographie, 15 août 1901). — Lemaire. *Grottes et troglodytes du Katanga* (Géographie, 15 nov. 1901, 321).

[2] Les noirs exploitent un peu de cuivre et tirent du fer des limonites contenues dans les latérites. Nulle part, ils ne s'attaquent aux oligistes et magnétites. Le Katanga est à plus de 2 000 kilomètres, soit de l'embouchure du Congo, soit de Zanzibar. Son débouché le plus naturel serait par la Rhodésia, déjà rattachée au réseau ferré de l'Afrique Australe et par le Zambèze.

la Rhodésia contiguë au Katanga, a annoncé avoir trouvé une certaine teneur en or dans quelques-uns des gîtes cuivreux de la région, notamment dans ceux de *Kansanshi*, en Rhodésia. Ce fait, que j'ai déjà signalé en parlant de l'or[1], est à rapprocher de la présence de l'or dans diverses chalcopyrites africaines (Namaqualand, etc.). Si ce nouveau champ

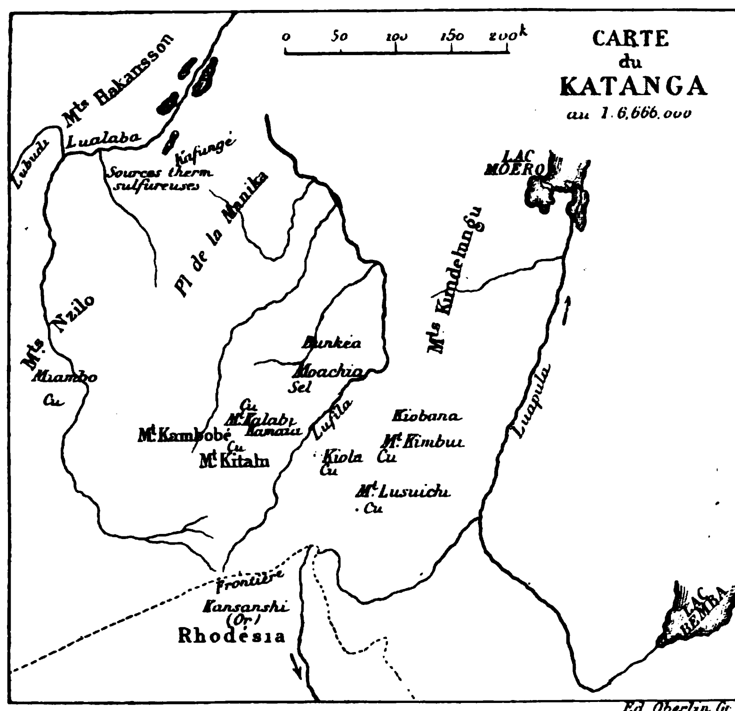


Fig. 32.

d'or se trouvait avoir une réelle valeur, l'évolution industrielle du pays pourrait se trouver accélérée.

D'après la description de M. Cornet, ramenée à ses traits essentiels[2], les gîtes de cuivre du Katanga se trouvent, pour la plupart, dans un système de terrains primaires métamorphiques, dit système de Moachia, dont, en l'absence de toute espèce de fossiles dans cette immense région du Congo, il est imposible de préciser l'âge, mais que, par une assimilation hypothétique, M. Cornet, dans ses derniers mémoires, a proposé de rattacher au silurien. On aurait là, suivant ce

[1] J'aurai également à revenir, dans un autre chapitre, sur l'exploitation des sources salines du Katanga, qui représentent une richesse importante.

[2] On trouve tous les détails sur ces gisements dans la brochure de M. Cornet sur les *gisements métallifères du Katanga* (1894, p. 29 à 43).

géologue (au dessus d'un archéen peu représenté et en discordance avec lui), un précambrien, constitué par des quartzites et des phyllades; puis un cambrien, où les phyllades dominent et enfin un silurien, moins métamorphique que les terrains précédents, caractérisé par l'apparition du calcaire en bancs épais et par la présence de cherts oolithiques.

Les gisements reconnus, qui tous ont été uniquement attaqués à la surface par les indigènes, se composent, aux affleurements, de malachite avec limonite et parfois chrysocole (silicate de cuivre). En profondeur, ce sont, évidemment, des gîtes de chalcopyrite à gangue quartzeuse, comme dans le Niari.

Le minerai d'altération existe en petits amas, en noyaux, en minces couches discontinues, en enduits, imprégnations, remplissages de fentes, de fissures et de joints de stratification dans des schistes siliceux, quelquefois talqueux, généralement de couleur claire, tantôt très cohérents, tantôt friables et dans des bancs, alternants avec ces schistes, d'une roche assez spéciale, se présentant comme un quartzite carié, caverneux, pénétré de quartz cristallisé. Les couches à malachite sont généralement à peu près verticales et le gîte n'est jamais continu dans la direction des couches. Par suite de leur plus grande résistance aux actions dénudantes, elles forment de petites collines, qui contrastent avec le reste du pays par leur aridité.

Il est à présumer que ces gisements doivent se rapprocher en profondeur des types que nous connaissons en Scandinavie, à Fahlun, Röras, Vigsnæs, etc., c'est-à-dire former des chapelets de lentilles, des amas ou de simples fahlbandes.

Ainsi que le montre un croquis ci-joint (fig. 32), les mines, dont les principales sont celles du Lusuichi, du Kimbui et Inambuloa, de Kiobana, de Kiola, du mont Kitulu, du mont Kambobe, de la Kamaia, du mont Kalabi et de Miambo, sont dans le Sud de la région, sur les deux rives de la Lufila. Les plus septentrionales, Kalabi et Kiobana, sont aux abords de 10°50 lat. Sud. Seules, les mines de Miambo, près Kazembe, sont à l'Ouest du Lualaba. Plus au Sud, j'ai signalé la prolongation de la zone cuprifère à Kansanshi, dans la Rhodésia.

En dehors de ces limites, disons de suite, pour montrer la position des principaux gîtes cuivreux dans l'Afrique centrale, que l'ingénieur Diderrich a visité une mine de cuivre, près de *Mpala*, sur le bord S.-O. du *Tanganyika* et que, d'après Thomson, on trouve du cuivre dans l'*Ouvira*, au Nord du même lac, sur sa rive Ouest. Je reviendrai d'ailleurs, tout à l'heure, sur quelques gisements de la région des Lacs.

Au nord de Jambiga, entre le Congo à son cours supérieur et l'*Ouellé* (affluent de l'Oubanghi), on a également signalé du cuivre[1].

[1] Dr Harris. *Le district d'Upoto* (Public. de l'Etat du Congo, n° 3).

Enfin, dans le bassin supérieur de la *Banghi*, affluent de l'Oubanghi, le capitaine Julien[1] a mentionné des gîtes de malachite et (au milieu des terrains primaires avec granite), qui seraient exploités d'étain à *Massinga* (ou Massinda), à deux jours de marche au Nord du village Agapata.

Les principales mines du Katanga sont ouvertes dans une colline, près des sources du *Lusuichi*. Les terrains sont là des schistes, les uns bien stratifiés, d'autres siliceux, d'autres non fissiles, alternant avec des masses bréchiformes plus ou moins imprégnées de quartz et caverneuses, et contenant des débris schisteux cimentés par de la malachite, de la limonite et de l'oligiste. C'est sur ces brèches que portent les travaux.

Au *Mont Kimbui*, les noirs ont exploité également des brèches à malachite, tandis qu'à *Inambuloa* ou à *Kiola*, les imprégnations cuprifères sont dans les joints des schistes. Les mines importantes du *Mont Kambobe* portent sur des alternances de schistes siliceux et de quartzites, avec malachite et limonite. Les travaux de *Miambo* sont également développés.

Dans tous les cas, les mineurs indigènes font des excavations grossièrement rectangulaires, des puits ou des bouts de galerie. Ils n'extraient que les masses d'une certaine dimension, laissant la poussière friable. La malachite, mêlée à du charbon de bois, est traitée dans un creuset en terre réfractaire, chauffé au rouge au milieu d'un fourneau fait de la même matière et activé par une soufflerie. Le cuivre est coulé en lingots de la grosseur du doigt, puis élaboré en bagues, bracelets, lames, baguettes, haches, fils très fins enroulés en spirales et sert à fabriquer surtout des lingots en croix de Saint-André (hannda) pesant de 2 à 3 livres, qui sont employés comme monnaie dans une vaste région s'étendant du Tanganyika au Kassaï.

Ces gisements de cuivre du Katanga sont associés avec d'énormes lentilles de fer oxydé, sur lesquelles je reviendrai au chapitre du fer.

4° ANGOLA

Les gisements de malachite de la colonie portugaise d'Angola étaient encore, vers 1875, exploités avec activité par les indigènes, qui produisaient du cuivre pour la consommation locale et vendaient même des minerais riches aux Européens. Cette exploitation a cessé pour la même raison que celle des gîtes du Niari.

Près de *Bembé* (à 770 mètres d'altitude), il existe, dans une vallée profonde, des quantités de bloc de malachite et, pendant longtemps,

[1] *Géographie*, août 1901.

on en a exporté 2 ou 300 tonnes par an vers la côte, à Ambriz. Plus tard, suivant Peschuel Loesché[1], une Compagnie anglaise se ruina dans un essai d'exploitation de ces gisements et presque tous les mineurs du Cornwall, introduits dans le pays, moururent en peu de mois. Ces gisements de cuivre de Bembé sont, d'après M. Cornet, situés dans le dévonien.

Plus au Sud, on trouve, d'après le même Peschuel Loesché, un centre métallifère important près de *Dondo*, sur le Couanza, uu peu au Sud de la ligne de chemin de fer de Loanda à Pamba, district d'Ambara. On cite surtout des gisements de fer avec un peu de cuivre ; mais, à l'amont, près des cataractes du Couanza et du village nègre de *Cambambé*, on a exploité jadis des mines d'argent, dont les Portugais essayèrent de s'emparer dès 1595. Cette expédition se termina par un désastre ; les deux cents hommes, qui la composaient, furent massacrés et 7 fuyards échappèrent seuls à la mort.

La région du *Loucalla*, suivie par la ligne du chemin de fer, passe également pour riche en minerais de fer utilisés par les indigènes avec un peu de cuivre connexe et nous avons vu précédemment que, dans les sables des torrents du *Golungo-Alto* (région connue pour ses plantations de café), on trouvait du sable d'or.

Plus au Sud, à l'entrée du *Couva*, près du Vieux Benguella, on cite encore des veines de cuivre.

On en retrouve sur la côte, près *Dombe*, au Sud de Benguella[2], dans les gneiss voisins de la baie de Cuio, sous forme de filons cuivreux et plombeux.

Enfin, pour terminer ce relevé sommaire des richesses de l'Angola — où, comme on a pu le voir, il y a tout au moins des indices de métaux nombreux — on peut encore citer le district d'*Huilla,* où une colonie de Boërs vint s'établir en 1880 à la suite d'un « treck » et où ces Boërs ont exploité un peu de fer et d'or.

5° SUD-OUEST AFRICAIN ALLEMAND

Dans ce protectorat, on cite, depuis longtemps, comme métallifère, le district d'*Otavi* (pays d'Herero). Les hauts plateaux de la région du Sud passent également pour riches en cuivre et l'on avait signalé du minerai d'argent près d'*Angra Pequena* ; mais les explorations plus détaillées

[1] *Zur Geologie des Westlichen Congo Gebiet* (Deutsche Rundschau für Geogr.). VIII, n° 7 ; 1886 ; trad. dans *Mouvement géographique,* n° 21, 1886. — J. Monteiro. *Angola and the river Congo.*

[2] Il existe là des liparites, basaltes néphéliniques et du cénomanien. — En 1901, on a annoncé comme décidée la construction d'un chemin de fer allant de la baie de Lobito, au Nord de Benguella, vers Kakonda.

ont dissipé bien des illusions à cet égard[1]. D'après les dernières publications, voici à quoi se résument les gisements réellement reconnus.

Dans le Nord du Protectorat allemand, le docteur Hartmann, représentant de la South-West Africa C°, a reconnu, dès 1893, des gites de cuivre à *Otavi* et à *Tsoumeb* (Tsottmeh, Tsoomeb, ou Sumeh)[2]. D'autres existent généralement à *Auwab.*

A petit Otavi et Auwab, il n'y a, paraît-il, que des minerais de cuivre; à grand Otavi et Tsoumeb, on a, à la fois, du cuivre et du plomb, comme dans le Niari ou le Katanga. Des prospecteurs ont estimé que le gîte de *Tsoumeb* contiendrait, sur 30 mètres de profondeur et 150 mètres de longueur, 250 000 tonnes de minerai, à 10 p. 100 de cuivre et 50 p. 100 de plomb (?) Il paraîtrait que les gisements d'Otavi se présenteraient partiellement, sans doute par métamorphisme, dans le calcaire de Kalahari.

Le chemin de fer en construction de Swakopmund (Walfisch bay) à *Windhœk* permettra peut-être de reprendre les mines de l'intérieur, particulièrement les mines *Matchless*, près Windhœk (à peu près à la même latitude que Walfisch bay), qui ont été exploitées sans succès, vers 1850, par la Walfisch bay Copper Mining. Ces mines, comprises dans ce qu'on appelait autrefois le **Damaraland**, rentrent tout à fait dans le type des mines du Namaqualand, qui vont être décrites. Ce sont des filons-couches ou amas, dans les schistes cristallins, allant se perdre en veinules dans le granite. La minéralisation est formée de quartz, pyrite, chalcopyrite et parfois barytine.

L'*Eboni mine*, la *Hope mine*, la *Pot mine*, sont aussi des gisements exploités dans cette même région du Damaraland. Au contraire, le gisement de *Kuyas* est un peu au Nord-Est d'Angra-Pequena.

6° NAMAQUALAND ANGLAIS (OOKIEP, ETC.)[3]

Nous abordons ici une région beaucoup plus importante.

Les gîtes de cuivre du Namaqualand ont commencé à attirer sérieu-

[1] 1868. Chapman. *Travels in the interior of South Africa* (2 vol. London). — Pohle. (*Petermanns Mittheilungen*, 1886, heft. VIII). — 1886. W. Belck. *Die koloniale Entwicklung Südwestafrikas* (Deuts. Kol. Zeit., 1886, p. 54).

[2] *Zeitschrift für prak. Geol.*, 1894, p. 478; 1896, p. 38; 1899, p. 146 et 409. — *Süd-West Afrikanische Mineral Vorkommnisse* (Verh. d. 59, Verh. Deutsch. Naturf. in Berlin, sept. 1896). — Stromer von Reichenbach. *Die Geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika* (1 vol. 1896).

[3] 1855. Delesse. *Sur les mines de cuivre du cap de Bonne-Espérance.* (Ann. des Mines, 5° sér. t. VIII p. 186 à 212 et Pl. II. — 1860. Carl. Zerrenner. — *Reise des Ingénieurs A. Thies nach den Kupfer Bergwerken Namaqualands in Süd Africa.* (Berg und Hüttenm. Zeitung., 1860, p. 41 à 44 et 53 à 54). — 1861. Knop. *Uber die Kupfererz-Lagerstätten von Klein-Namaqualand und Damaraland; ein Beitrag zur Entwickelungs-Geschichte der Kupfererze* (Neues Jahrb. f. Miner., 1861, p. 513 à 550). — von Groddeck, p. 275.

sement l'attention vers 1853, époque où Delesse en donna, d'après divers documents anglais, une première description dans les Annales des Mines. Déjà, en 1761, un rapport au gouvernement hollandais les avait signalés, et, en 1837, il s'était formé, pour les exploiter, une première Compagnie, dite des mines du Sud de l'Afrique; mais, vers 1850, l'ardeur fièvreuse, que provoquèrent, chez les mineurs, les découvertes australiennes et californiennes, amena, un peu dans toutes les parties du monde, des recherches et il s'en fit, notamment, dans ces régions, alors très désertes, situées à l'Est de Robbe bay (Port Nolloth), au Sud du fleuve Orange, vers 18° de long. et 29° 25′ de lat. En 1855, il existait, à Londres, 35 Compagnies cuprifères relatives à ce district, sur les actions desquelles on spéculait, comme on l'a fait récemment sur celles des mines d'or.

Quelques années plus tard, en 1860 et 1861, Zerrener, (d'après les rapports de A. Thies) et Knop décrivirent, à leur tour, les mêmes gîtes dans des publications allemandes.

De tous ces documents, il résulte que les gîtes cuivreux connus alors se trouvaient, soit au Sud de l'Orange, dans le pays qu'on appelait le petit Namaqua et qui est devenu colonie anglaise, soit, au Nord, chez les grands Namaquas et les Boshimans, dans le Damaraland, devenu le Sud-Ouest Africain allemand, où nous venons de les signaler à Matchless.

L'ensemble du pays est constitué de granite et de schistes cristallins métamorphiques, recouverts par des grès du Karoo. Les gîtes cuprifères, ici comme au Niari, recoupent les deux premiers terrains sans pénétrer dans le Karoo ; ils se présentent, soit en fentes assez restreintes et pauvres dans le granite, soit surtout en veines interstratifiées, stockwerks et amas sulfurés dans les schistes. C'est cette dernière catégorie de gisements, qui, dans la suite, a donné lieu aux exploitations fructueuses de la région d'*Ookiep* dont il va être question. Les filons, pour la plupart abandonnés maintenant, étaient, soit N.-N.-O. dans les schistes cristallins à *Knolosip*, *Spectakel*, etc., soit N.-N.-E. à *Concordia*, *Kookfontein*, etc., dans le granite. Parmi les amas, Thies signalait celui de *Springbokfontein*, près Ookiep, au Sud de Concordia, de 1 000 mètres de diamètre superficiel et 24 à 30 mètres de profondeur reconnue.

D'une façon générale, ces gîtes comprennent du quartz avec chalcopyrite légèrement aurifère, pyrite et minéraux d'altération de la chalcopyrite (phillipsite, cuivre gris, cuivre oxydulé, cuivre natif), sans trace de fluorine [1]. Quelques-uns (Tweefontein) renferment une association caractéristique de magnétite et chalcopyrite. On a observé parfois, dans

[1] Les gîtes de *Matchless*, dans le Damaraland, contiennent, en outre, un peu de barytine.

les filons, la présence d'un peu de mobybdénite, ce qui a conduit à les rapprocher d'un groupe curieux, situé à 15 kilomètres de Kongsberg, en Norvège, dans le Telemark, où la chalcopyrite légèrement aurifère, également associée avec la molybdénite et parfois avec un peu de bismuth sulfuré, se trouve en veines de sécrétion ou de retrait dans une granulite, qui recoupe des quartzites et schistes amphiboliques.

Les gîtes du Namaqualand présentent, à la surface, un épais chapeau de fer oxydé; il sont parfois recoupés par une pegmatite plus récente (Weal-Julia), ainsi qu'on l'observe pour tous les amas de minerai de fer de terrain primitif et pour nombre de gisements sulfurés en Scandinavie. Ce sont, au premier chef, des gîtes anciens. On avait remarqué, dès le début, que les minéraux d'altération du cuivre accompagnaient des parties kaolinisées des roches encaissantes.

Lors des tentatives d'exploitation de 1853, toutes ces mines durent bientôt être abandonnées, en raison des difficultés de transport. Quelques-unes ont été reprises avec activité, depuis qu'un chemin de fer de 140 kilomètres, passant par Steinkopf, relie la région à la côte, à Port-Nolloth. Le centre industriel principal est actuellement la ville d'*Ookiep* (gîte de Concordia), qui a été assiégée par les Boërs en avril 1902.

La statistique de l'industrie minérale française donne, comme production de minerai de cuivre dans les possessions anglaises en Afrique, c'est-à-dire, en réalité, presque exclusivement dans ce district :

1897	1898	1899
39 600 t. = 9 707 000 fr.	37 400 t. = 7 834 000 fr.	35 400 t. à 432 fr. = 15 290 000 fr.

La statistique américaine de Rothwell, évaluée en cuivre métal, et empruntée elle-même à la circulaire annuelle de Henry R. Meiton et C°, donne, pour les deux Compagnies en exploitation dans la colonie du Cap, les chiffres suivants (en tonnes métriques)

	1896	1897	1898	1899	1900
Cape Company.	5 558	5 375	4 735	4 206	4 491
Namaqua Copper C° . . .	2 012	2 215	2 438	2 388	2 337
	7 570	7 590	7 173	6 594	6 828

J'emprunte au même recueil quelques renseignements sur les exploitations actuelles de cette région.

En 1899-1900, la *Cape Copper C°* a tiré, de sa mine d'*Ookiep*, 21 032 t. de minerai à 18 p. 100 et de sa mine *Spectakel*, plus à l'Ouest, 619 t. à 30,13 p. 100. La *Namaqua Copper C°* a produit 9 000 t. de minerai avec un bénéfice net de 3 millions.

A Ookiep, l'amas métallifère atteint sa plus grande largeur au niveau de 23 mètres où il a environ 120 mètres sur 93 mètres en section. Il est formé essentiellement de chalcopyrite, avec un peu de bornite et

quelques produits d'oxydation ou d'altération superficiels ; cependant, les oxydes noirs et rouges se prolongent assez profondément, tandis que carbonates et silicates cessent vite quand on s'enfonce. On grille et fond sur place pour obtenir une matte à 50 p. 100 de cuivre, qu'on expédie à Swansea.

La mine de *Tweefontein* contient un mélange de magnétite et de chalcopyrite, analogue à celui qui existe dans certains gisements classiques, comme celui de Traverselle. On sépare les deux substances par des séparateurs magnétiques. La production annuelle est d'environ 4500 tonnes de minerais triés, tenant 28 à 30 p. 100 de cuivre et 4500 t. de minerais plus fins, à 27 p. 100 de cuivre.

7° RHODÉSIA

Dans la région Nord de la Rhodésia, qui confine aux possessions belges, portugaises et allemandes, la Bechuanaland Exploration C° a découvert, au Nord des Victoria Falls du Zambèze, près de la rivière *Kafue*, ou *Cafoué*, dans le territoire appartenant à la Northern B. S. A. C°, des gisements de cuivre, ayant donné lieu à d'anciens travaux (voir fig. 27, p. 99). L'intérêt de ces gisements, qui présentent peut-être un lien géologique lointain avec ceux du district du Katanga, est que la ligne de chemin de fer du Cap au Caire doit être prochainement construite de Buluwayo à Victoria Falls. Un certain nombre de Compagnies de cuivre ont été créées en Rhodésia : la ***Rhodesia Copper***, la ***Kafue Copper***, la ***Barotse Copper***, etc.

8° AFRIQUE ORIENTALE ALLEMANDE, ZOULOULAND ET TRANSVAAL

Dans l'**Afrique orientale allemande**, on a signalé vaguement du cuivre [1], associé, comme dans toutes ces régions de l'Afrique centrale, vec des oligistes et des magnétites encaissés dans les terrains primaires.

Dans le **Zoulouland**, un gisement de cuivre existe à *Insuzi* [2], district ue Nkandhla, au Sud du champ d'or d'Insuzi. Les conditions géologiques paraissent s'écarter un peu de celles que nous avons rencontrées dans les districts précédents. Ici encore, on a affaire à des affleurements altérés ; mais ces affleurements correspondraient, dit-on, à des

[1] Karl Peters. *Das deutsche ost-afrikanische Schutzgebiet* (Public. Offic. München et Leipzig, 1895, 467. — *Z. f. prakt. Geol.*, 1895, p. 351 et 391 ; 1896, p. 475 : 1898, p. 151 ; 1900, p. 262. — Stromer von Reichenbach, Freiherr, Ernst. *Die Geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika* (München et Leipzig, 1896 ; 208 p. et 3 cartes géol., avec bibliographie).

[2] *Z. f. prakt. Geol.*, 1901, p. 65.

nids de chalcopyrite argentifère avec quartz dans des roches éruptives. Un autre gîte à minerais plus riches se trouve sur la rive droite de l'Umbslatuzi (?).

En ce qui concerne le **Transvaal**, M. Molengraaff, dans un mémoire récent, auquel j'ai déjà eu recours à propos de l'or, nous renseigne sur l'allure générale de quelques gîtes cuivreux.

Tout d'abord, dans le système primaire, considéré comme précambrien, on trouve un certain nombre de gisements, sous forme d'imprégnations sulfureuses, épousant plus ou moins exactement la stratification des couches encaissantes, c'est-à-dire de gîtes correspondant à ceux qu'on observe en divers points de la Scandinavie, dans l'axe primaire des Alpes, etc. Parmi ces gîtes, les plus importants, dont il a été question précédemment, sont ceux qui contiennent de l'or. Cet or est, on l'a vu, quelquefois associé à de la stibine, comme dans le Swaziland ou à Gravelotte, ailleurs avec des minerais de fer et de cuivre, c'est-à-dire que nous retrouvons ici le type des chalcopyrites aurifères du Namaqualand et de la Rhodésia, aux confins du Katanga.

Le dernier fait a, par exemple, été signalé sur la propriété Doornhœk (340) [1], district de Vrijheid, dans les mines d'or de *Noord Kaap*, au Nord du massif granitique de Barberton et dans la mine de *Sheba Queen*, près de *Steynsdorp*, où, d'après M. Molengraaff, un gîte, encore mal étudié, semblerait être un vrai filon de fracture : type rare, ainsi qu'on a pu le remarquer, dans toute cette Afrique aux types métallifères profonds, où les formes d'imprégnation dominent (filons-couches, stockwerks et amas).

Dans le Nord du district de *Vrijheid*, sur la propriété *Goudhœk* (498), on a également trouvé des minerais de cuivre dans une amphibolite (ou diabase ouralitisée), formant des bandes étroites au milieu du granite.

La zone de la dolomie, considérée par M. Molengraaff comme reposant sur la série du Black-reef, au-dessous de la série de Prétoria, dans le système primaire du Cap, contient deux zones minéralisées, que j'ai déjà décrites plus haut [2] et à l'occasion desquelles il y aurait lieu de poser le problème intéressant des zones de calcaire métallifère, qu'on retrouve en tant de pays (Sardaigne, Laurium, Silésie, Colorado, etc.). Les venues filoniennes présentent toujours, dans le calcaire, une allure extrêmement spéciale. Une zone nettement filonienne, allant du Sud de Prétoria au district de Marico à l'Ouest, renferme un peu de cuivre dans un groupement complexe, surtout caractérisé par

[1] Ces chiffres renvoient à la carte cadastrale du Transvaal par F. Jeppe, qui était terminée avant la guerre.

[2] Page 51.

le plomb[1]. La présence du cuivre est également à noter dans le curieux champ d'or de *Malmani* (district de Marico), où de nombreuses veines aurifères, très irrégulières, recoupent la dolomie. Ces veines, qui correspondent certainement à un type d'altération dans des masses dolomiques fissurées et très pénétrées d'eau, renferment, généralement, avec de la limonite, de petites quantités de minerais cuivreux : malachite, azurite, bornite (érubescite) et chalcopyrite [2].

Dans le district de *Lydenburg*, on a cherché une relation entre les minerais et les filons de diabase, qui recoupent, en grand nombre, la dolomie.

La région, caractérisée par les intéressantes intrusions éruptives à magma sodique du Boschveld, contient un grand nombre de gîtes, qui, ainsi que ces roches elles-mêmes, doivent être d'âge intermédiaire entre la série de Prétoria (fin de la période ancienne), et les dépôts du Karoo. Ces gîtes, déjà mentionnés à propos de l'or[3], se trouvent sur plusieurs zones parallèles de direction moyenne Est-Ouest:

1° La zone de la *Willows-silver mine*, des mines de *Boschkop* (295), de *Oudezwaanskraal* (537) et de la *Transvaal-silver mine* présente une série de filons, à peu près verticaux, où les minerais sont généralement associés avec une diabase, dont ils paraissent dériver (par exemple dans la Willows-mine) ; ces minerais appartiennent à un type, dont nous connaissons de nombreux exemples ailleurs, ainsi dans la région d'Allevard dans l'Isère, dans la Sierra Nevada, en Algérie : le groupe des chalcopyrites, altérées superficiellement et transformées en un mélange de sidérose avec cuivre gris antimonieux (panabase), parfois argentifère, azurite, malachite, etc. [4]. La sidérose est assez riche en magnésie et en manganèse ; d'un brun clair à l'état frais, elle passe rapidement au brun noirâtre en s'altérant. Dans la Transvaal-silver-mine, on trouve, en même temps, de la galène, de la cérusite et de la crocoïse ; à Oudezwaanskraal, de l'arséniopyrite. Ces mines, après avoir été exploitées vers 1890, ont été abandonnées.

2° Une association intéressante de cuivre et cobalt, tantôt avec un

[1] Le cuivre constitue une gêne pour le traitement au cyanure de certains minerais aurifères du Black-reef. On sait qu'il fait presque absolument défaut dans la série du Witwatersrand.

[2] Molengraaff. *Beitrag zur Geol. der Umgegend der Goldfelder auf dem Hoogeveld* (neues Jahrbuch. für Mineral; Beilageband. IX, p. 174, Stuttgart., 1894). — Francke. *Rapport over de Malmanie-Goudvelden.* (Jaar rapport van den Staatsmyning over het Jaar 1898. Prétoria). — Rapports inédits Moulle, etc.

[3] Page 53.

[4] Molengraaf. *Uber einige Erz und Mineral Vorkommen in der S. A. Rep. Transvaal* (Z. f. Krystallogr. XXII, p. 156, 1893). L'azurite de la Willows-mine forme de beaux cristaux. — Dans le Murchison Range, il existe, d'après Bordeaux (*Mines de l'Afrique du Sud*, page 105) des gneiss cuprifères, que cet auteur compare à ceux du Namaqualand.

peu d'or, tantôt avec un peu d'argent, se rencontre, en divers points, en relation probable également avec des roches éruptives (norite ou diabase). Ainsi, à la base de la série du Boschveld, on connaît des norites métallifères. Sur la propriété *Laatste-drift* (82), district de *Middelburg*, les filons, encaissés dans la norite (se rattachant par conséquent à un type connu en Scandinavie), renferment de la pyrite, de la chalcopyrite et de la smaltine, avec forte teneur en or. A *Rhenosterhoek* (110), dans le même district de Middelburg, un filon analogue est entièrement rempli de pyrite massive très pure et la norite encaissante est complètement imprégnée de sulfures.

De même, le granite porphyritique rouge à anorthose renferme, à 85 kil. E.-N.-E. de Prétoria, dans la région de l'*Albert-Silver mine*, un certain nombre de filons de cuivre argentifère, associés avec des diabases ; à l'Albert Silver mine, le filon Est-Ouest contient : quartz, fer oligiste, bornine (avec 1 250 gr d'argent par tonne), chalcopyrite, cuprite, chalcosine, azurite et malachite. Sur la propriété *Roodepoort* (359), un filon analogue présente une gangue de sidérose riche en magnésie et en manganèse, comme celle de Willows mine.

Dans le *Murchison Range*, M. Bordeaux a décrit un gisement cuivreux, situé à *Palabora*, qui paraît assez important.

On voit là, sur une plaine granitique, une colline de calcaire blanc cristallin, dont la base dessine une ellipse, ayant son grand axe Nord-Sud sur 3 kilomètres de long. Suivant l'axe de cette ellipse, on a une sorte de dyke de magnétite d'environ 1 mètre de puissance, taché par des sels de cuivre, et de ce dyke divergent, en tous sens, des veines et des veinules de sulfure de cuivre, bornite, cuivre gris, panabase, etc., à teneur en cuivre souvent élevée. Il est possible qu'on soit là sur l'affleurement d'un filon de pyrite considérable. Aucun travail récent n'a été tenté ; mais les indigènes ont autrefois criblé cette colline de petites fouilles superficielles.

Nous trouvons donc, en résumé, dans toute l'Afrique Australe, une série éruptive d'âge probablement hercynien, caractérisée par des intrusions plutoniennes de cristallisation profonde, avec ségrégations métalliques, soit de magnétite et chromite, soit de sulfures divers (Fer, Cuivre, Or, Argent, Cobalt), c'est-à-dire un type essentiellement de profondeur, analogue à ceux qui ont été surtout étudiés dans la zone boréale de Scandinavie et du Canada. On peut remarquer, en passant, et à l'appui de notre thèse générale, que les divers gîtes plus ou moins anciens, calédoniens ou hercyniens, de l'Afrique Australe présentent des facies très analogues entre eux : les deux chaînes calédonienne et hercynienne s'étant trouvées soumises, dans le cours des périodes géologiques subséquentes, à un abrasement à peu près équivalent. Il semblerait, cependant, y avoir, dans la série hercynienne, particulièrement connue au

Transvaal, des types d'un caractère filonien un peu mieux déterminé et se rapprochant davantage de ce que l'on connaît dans l'Europe Centrale, Saxe, etc. La côte Ouest d'Afrique prêterait peut-être aussi à des observations du même genre.

En passant maintenant dans l'Afrique du Nord, Maroc, Algérie, Tunisie, Égypte, Sinaï, nous allons changer complètement de facies et rencontrer, au contraire, des cas bien typiques de dislocations tout à fait superficielles, en même temps que récentes. Mais, auparavant, je dois signaler une formation cuprifère assez spéciale, qui a été rencontrée à Madagascar.

9° MADAGASCAR

Madagascar présente des gisements cuivreux d'une certaine importance entre la vallée de la *Vato* et de la *Mania* et près d'*Ambatofangehana*. Les premiers sont, en principe, des imprégnations pyriteuses dans un calcaire silurien, avec décomposition en oxydes et carbonates dominant à la superficie. J'en reparlerai, au chapitre XI, dans la description spéciale de cette île.

Il existe aussi, d'après M. Bernard, un type curieux de basaltes cuprifères, à rapprocher des inclusions cuivreuses dans les augites ou les péridots de diverses roches basiques, qui ont été étudiées en Allemagne par divers chimistes.

10° ALGÉRIE. TUNISIE

Algérie. — Les minerais de cuivre algériens seront l'objet d'une description méthodique et détaillée au chapitre x, où je m'occuperai de toutes les richesses métallifères de l'Algérie et, spécialement, des gîtes filoniens complexes, dont le cuivre est un élément au même titre que le fer, le plomb, le zinc ; néanmoins, l'importance pratique du sujet rend nécessaire d'indiquer ici, brièvement, l'existence de zones cuprifères dans notre colonie et d'en définir les caractères principaux, remettant à plus tard leur étude proprement dite.

Les gisements sulfurés complexes d'âge tertiaire, si abondamment représentés en Algérie, et probablement tous dépendants de venues assez analogues, se divisent, pour leur utilisation pratique, en des catégories très diverses suivant la nature du métal prépondérant. C'est ainsi que le groupement zinc et plomb, le plus fructueux actuellement, paraît dominer surtout dans l'intérieur du pays, lorsqu'on s'éloigne de la côte et, en particulier, dans l'Est (département de Constantine ou Tunisie) ; les associations, où l'antimoine et le mercure jouent un rôle notable, sont assez concentrées dans la région de Guelma à Souk-

Arrhas et Batna. Au contraire, le fer et le cuivre, qui vont de pair, sont, en principe, plutôt concentrés à proximité de la côte, dans le voisinage plus direct des roches éruptives, dont ils paraissent dériver et qui, elles-mêmes, forment une traînée si manifestement littorale. Cela ne va pas, naturellement, sans exceptions, dont une fort curieuse est représentée par le district d'Aïn Sefra, dans le Sud-Oranais, où il est possible que l'on ait affaire à des dépôts de grès cuprifères permo-triasiques [1], analogues à ceux que l'on retrouve, le long de la chaîne hercynienne, depuis la Prusse rhénane jusqu'à l'Oural. De même, dans le Sud-Est de l'Algérie (Batna, etc.), on rencontre passablement de cuivre, mais associé au zinc et au plomb.

Parmi les gisements, que nous supposons composés en profondeur de pyrites de fer et de cuivre associées, les uns, où le fer domine, ont produit : soit des amas de pyrite de fer, comme ceux dont on commence à s'occuper à Auzouar, près de Bougie ; soit, par substitution aux calcaires et par oxydation, des masses d'hématite, qui ont pu donner lieu à des industries prospères. Dans ces hématites, considérées comme des produits d'oxydation (ou directement, ou par l'intermédiaire du carbonate de fer [2]), il est fréquent de trouver du cuivre, tout au moins à l'état de traces, parfois en veinules relativement assez notables pour avoir été concédées, comme au *Djebel Ouenza*, près de la frontière tunisienne. Ailleurs, au contraire, le minerai de cuivre devient le corps réellement important pour l'industriel : on peut avoir alors des chalcopyrites (assez rares, par suite de leur altération, à moins que l'on ne s'enfonce) ou, plutôt, des veines de cuivre gris et sidérose, souvent à gangue barytique ; aux affleurements, on observe les altérations habituelles en carbonates, oxydes, etc.

Parmi les centres cuprifères d'Algérie, je mentionnerai le district d'Aïn Sefra, la région du cap Tenez, celle de Mouzaïa, la petite Kabylie, au Sud-Est de Bougie, et Kef-oum-Theboul.

Autour d'*Aïn-Sefra*, nous verrons qu'il existe une zone de grès cuprifères, dont une partie, d'abord découverte au N-E., paraît de très faible teneur, dont une autre région, tout récemment signalée au S.-O, semble, d'après les échantillons que j'ai pu voir, beaucoup plus riche. Ces échantillons sont formés de grès imprégnés de chalcosine et verdis

[1] Il existe, dans tout le Sud-Oranais, des quantités de grès, sur l'âge desquels on n'a, en réalité, aucune notion d'âge bien précise : parmi lesquels, les grès cuprifères d'Aïn Sefra. On les rattachait autrefois au crétacé inférieur. Actuellement, le trias étant, par la nouveaute même de sa découverte, à la mode en Algérie, on se demande si une partie au moins d'entre eux ne serait pas permo-triasique.

[2] Je remets la discussion de ces questions relatives à l'origine des gîtes d'hématite cuivreuse au chapitre IV, p. 170, où il sera question des gîtes de fer, et au chapitre X, où je traiterai de l'ensemble des gîtes Algériens.

par du carbonate. Peut-être a-t-on là un de ces dépôts cuprifères, soit de sédimentation contemporaine, soit d'imprégnation postérieure, dans des grès ou des poudingues, qui se rencontrent en tant de régions et qui, parfois trop pauvres pour être exploitables (Var, Alpes-Maritimes, etc.), constituent ailleurs des gisements d'une grande richesse : au Lac Supérieur, dans le précambrien ; en Russie et au Chili, dans le permien ; au Boleo, dans le tertiaire. Cette zone d'Aïn Sefra passe pour se prolonger vers le Maroc.

Du *cap Ténès* vers Blida, les gisements de cuivre, que j'ai eu à signaler, sont nombreux, mais de peu de valeur ; plusieurs d'entre eux ont une gangue de sidérose ou d'ankérite. La concession de l'*Oued Allelah* est la seule qui présente quelque intérêt et ait été autrefois activement exploitée.

Signalons seulement, en outre, les filons de cuivre gris, sidérose et barytine de *Gouraya* et *Aïn Sadouna* et les veinules du même genre des environs de *Miliana*.

Les filons analogues de *Mouzaïa* ont plus d'importance, et j'en donnerai une description complète[1]. Enfin, on peut noter la concession de cuivre inexploitée d'*Oued Kebir* (45 kil. S.-S.-E. de Blidah).

Puis vient la région de Bougie, riche en gisements cuivreux, dont quelques-uns ont donné lieu à diverses tentatives d'exploitation. Dans la longue liste que renferme la notice du Service des Mines Algérien et dont une partie sera reproduite plus loin, je retiens seulement ici les noms des concessions de *Djebel Teliouïne* et de *Tadergount*, la première sans valeur, la seconde actuellement l'objet de quelques travaux de reprise ; certains de ces gisements paraissent en relation très directe avec des roches éruptives tertiaires. On trouve même des veines de sulfures divers, comprenant de la chalcopyrite, dans les massifs éruptifs de *Collo* et *Cavallo*. L'ancienne concession d'*Aïn Barbar*, à 22 kil. N.-O de Bône, porte sur des filons de chalcopyrite avec blende et quartz, traversant les trachytes et l'éocène. Le gisement d'*Oualil*, ou *Djebel Hadid*, au Sud de Cavallo, qui va être bientôt concédé, se compose d'un filon de chalcopyrite avec ankérite, dans un décrochement du terrain sénonien.

Enfin, la seule concession de cuivre, qui ait donné lieu à une exploitation suivie en Algérie, est celle de *Kef-oum-Theboul*, près la Calle, dont la description sera faite ultérieurement. On y exploite un grand filon de chalcopyrite, pyrite, blende et galène argentifères parfois même aurifères, dans les schistes ludiens.

Au Sud, la région de *Batna* présente une réapparition intéressante de veines cuivreuses, associées avec des calamines plombeuses, qui dominent.

[1] Chapitre x.

Au Sud-Est, j'ai déjà cité plus haut la concession récente de *Djebel Ouenza*, où quelques veines cuivreuses sont associées avec de grands amas d'hématite.

En Tunisie, on a fait, pour le cuivre, des recherches toutes récentes au *Dj. Chouichio*, (13 kil. N. de Souk el Arba). Il s'agit là, comme au Djebel Ouenza, de veines cuivreuses, associées à des minerais de fer et provenant, sans doute, de pyrites altérées au contact de calcaires. Le minerai superficiel est, presque uniquement, composé de carbonates (azurite et malachite), formant des boules ou veines à la périphérie d'un amas d'hématite, intercalé dans le calcaire sénonien. On construit, actuellement, un petit four pour la fabrication du cuivre noir.

11° SINAI

Dans la même zone méditerranéenne, entre l'Afrique et l'Asie, les gisements du *Sinaï*, que nous étudierons plus tard comme gisements de turquoises, sont formés de veines cuivreuses et manganésifères dans le grès nubien, ayant donné lieu à des incrustations de turquoises, qui ont été très activement exploitées dans l'antiquité[1].

Leur intercalation dans les grès nubiens tendrait à prouver leur âge tertiaire.

[1] Voir (fig. 29, page 115).

CHAPITRE III

MÉTAUX DIVERS

Zinc. — Plomb. — Argent. — Antimoine. — Arsenic. — Soufre. — Mercure. — Étain. — Bismuth. — Cobalt. — Nickel. — Chrome. — Manganèse. — Platine.

Je me propose de grouper ici, pour chacun des principaux métaux, autres que l'or, le cuivre et le fer, auxquels sont réservés des chapitres spéciaux, les renseignements relatifs à l'ensemble de l'Afrique. Certains de ces métaux sont habituellement réunis ensemble dans leurs gisements, et j'ai déjà signalé, par exemple, les associations du zinc et du plomb avec le cuivre, le fer, l'antimoine et le mercure dans la région méditerranéenne, ou du cobalt avec le cuivre, le plomb et l'argent, ou de l'antimoine, du manganèse, du cuivre, avec l'or, au Transvaal. Je reviendrai longuement sur ces associations dans les chapitres x et xi, relatifs à l'ensemble des richesses minérales de certaines régions plus particulièrement importantes ou intéressantes, comme l'Algérie, l'Égypte, Madagascar, l'Afrique Australe, etc. Dans le chapitre présent, je serai, au contraire, très bref sur ces idées générales et me bornerai à examiner chaque métal individuellement, en tenant compte surtout du côté pratique de son exploitation.

ZINC

Les exploitations, ou même les découvertes de minerais zincifères africains, sont actuellement tout à fait localisées dans la région méditerranéenne et, plus spécialement, dans la Tunisie et la partie Est de la province de Constantine. Cela peut, sans doute, tenir, en partie, à la faible valeur de substances, comme la calamine ou la blende, qui seraient totalement hors d'état de supporter un transport par terre un peu prolongé et ne prennent de valeur qu'au voisinage des côtes, en sorte qu'on les regarde avec dédain, quand on les rencontre au centre de

l'Afrique. Cela doit résulter aussi de ce que le zinc est essentiellement un métal de filon : un élément, qui est entré aisément en dissolution dans les eaux métallisantes, qui a eu toutes facilités pour s'écarter du magma éruptif originel et qui, dès lors, se trouve peu dans les gîtes de grandes profondeurs, caractéristiques de toute l'Afrique continentale, mais, au contraire, beaucoup dans les gîtes à larges filons réguliers du type hercynien, ou, peut-être relativement encore plus, dans les filons éparpillés des chaînes tertiaires, comme celles de l'Algérie.

La statistique des minerais de zinc donne, pour ces dernières années, les chiffres suivants, dans les deux seuls pays africains, où ces minerais aient été exploités :

MINERAIS DE ZINC	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Algérie (calamine). . . .	13 967	17 587	32 269	29 800	43 500	30 300	
Tunisie (calamine). . . .	24 370	17 730	23 431	24 300	23 435	22 000	18 600
Tunisie (minerais de plomb).	»	242	1 128	2 583	5 224	3 300	10 400
Tunisie (mixtes).	»	»	»	»	»	10 000	10 000

En **Algérie**[1], les principales mines de zinc exploitées sont celles du département de Constantine (en tête desquelles se place *Hammam N'bails,* à l'Est de Guelma). qui ont produit dans l'ensemble, en 1900, 19.172 tonnes ; puis viennent celles du département d'Alger : d'abord *Ouarsenis,* d'où la Vieille-Montagne tire, depuis longtemps, environ 6 000 tonnes par an; ensuite *Sakamody* (3 000 t.); accessoirement *Guerrouma;* l'ensemble des mines du département a produit, dans la même année, 10 180 tonnes. Mais ces chiffres, assez faibles en somme, traduisent mal la grande activité, avec laquelle les calamines ont été recherchées, depuis 1898, dans l'Est de l'Algérie, à la suite de quelques trouvailles heureuses, faites surtout en Tunisie. Des concessions ont été récemment instituées sur des gîtes qui semblent importants, au *Kef Semmah* (Ouest de Sétif), où l'on a reconnu près de 100.000 tonnes de calamine, et au *Bou Thaleb,* ou *Djebel Soubella,* où l'on en a reconnu 60.000. La petite concession de *Bekkaria,* aujourd'hui épuisée, a donné, pendant quelques années, plus de 300.000 francs de bénéfice net par an.

En **Tunisie**, l'extraction des minerais de zinc et des galènes connexes a occupé, en 1899 et 1900, plus de 1 700 ouvriers et produit

[1] Voir, plus loin, chapitre x, la description détaillée de ces gisements et les cartes qui l'accompagnent.

pour environ 2 millions de francs de minerais divers, comprenant 22 à 23 000 tonnes de calamines calcinées.

Les principaux gisements tunisiens sont ceux de *Djebel Reças, Kanguet Kef Tout, Sidi Youssef, Djebel ben Amar, Sidi Ahmed, Fedj el Adoum, El Akhouat, Djebba.*

Ainsi que nous le verrons au chapitre x en étudiant l'ensemble des gîtes métallifères algériens et comme je viens déjà de l'indiquer au chapitre précédent en traitant du cuivre, les gisements d'Algérie et de Tunisie sont, essentiellement, des gîtes complexes, où la plupart des métaux, que l'on observe dans les filons sulfurés, peuvent se trouver à la fois rassemblés ; cependant, sans vouloir attacher une trop grande rigueur à cette remarque, on peut dire qu'il existe une première zone, voisine du littoral, où le fer et le cuivre dominent dans ces gîtes et une seconde où le zinc et le plomb prennent, au contraire, une particulière importance. Bien que certaines concessions aient été instituées pour plomb, c'est, dans l'état actuel des choses, le zinc surtout, qui constitue les minerais fructueusement exploitables d'Algérie : le plomb n'étant extrait qu'accessoirement des mêmes mines et séparé du zinc par les préparations mécaniques. En Tunisie, il y a eu un développement récent de la production du plomb par l'installation de grands ateliers de préparation pour traitement des minerais mixtes.

Les minerais de zinc peuvent être, dans certains cas, de la blende à peine altérée, comme dans le gîte, exploité avec continuité, de *Sakamody,* au Sud d'Alger. Ce cas ne se présente, naturellement, que dans les terrains inattaquables aux acides et, spécialement, dans les schistes ou les marnes. Les gisements blendeux, encaissés dans les marnes, participent alors de la nature de tous les filons compris dans ces terrains friables ; ils sont irréguliers, ramifiés, lenticulaires et souvent remplis de débris du terrain encaissant, qui arrivent à leur donner la constitution d'une véritable brèche.

Dans des gisements beaucoup plus nombreux, les exploitations de zinc portent sur des amas calaminaires, qui sont la forme altérée et oxydée, au-dessus du niveau hydrostatique, des gisements blendeux, lorsque ceux-ci se trouvent en relation avec des calcaires. Tous les calcaires compacts, rencontrés par des fractures métallisantes, sont aptes à fournir de semblables amas, et, en Algérie, où les venues zincifères semblent, pour la plupart, au moins éocènes, il arrive d'en rencontrer, en effet, dans tous les calcaires des âges antérieurs ; cependant, certains niveaux calcaires, particulièrement développés dans les régions fracturées, le lias, l'urgoaptien, le cénomanien, le sénonien, accessoirement le suessonien, (éocène inférieur), sont ceux où l'on connaît le plus de ces gîtes calaminaires.

La forme des minerais, très compliquée et très variable d'aspect au

premier abord, rentre, en résumé, dans les divers types, que l'on peut observer partout où il existe des gisements de substitution analogues, aussi bien dans le Gard qu'en Sardaigne : la substitution calaminaire a pénétré dans le calcaire à la façon d'une tache d'huile, en prenant pour point de départ les fissures, diaclases ou joints, préexistants dans celui-ci, de sorte que ces fissures, ou joints, s'accusent encore dans la calamine et lui donnent une allure, tantôt bréchoïde, tantôt schisteuse ou zonée suivant la disposition du calcaire primitif. Les belles calamines concrétionnées à aspect de phosphorites sont rares en Algérie; on en rencontre cependant des exemples à Ouarsenis, etc.

La galène, qui accompagnait la blende, a mieux résisté à l'altération, mais a néanmoins produit un peu de cérusite.

Passons des minerais à l'allure des gîtes.

Les gites calaminaires ont pu se former dans les diverses zones de circulation facile des eaux souterraines, c'est-à-dire : dans les cassures verticales ou diaclases, dans les joints de stratification (où il en résulte des aspects de filons-couches) et suivant le contact de ces calcaires avec un terrain imperméable : ce contact pouvant, d'ailleurs, se faire d'une façon quelconque, soit par faille, soit, naturellement, par superposition sédimentaire, (ce qui produit alors des gisements de contact à apparence interstratifiée, dont le type classique se trouve au Laurium, en Attique). Certains districts ont une allure très complexe, notamment ceux qui se présentent à l'intérieur, ou sur la périphérie de certains îlots ou dômes, entourés de failles. Ainsi, au Djebel Soubella, on a un dôme de calcaire liasique, émergeant au milieu de schistes crétacés tordus. La concession porte sur des filons avec élargissements calaminaires dans le lias ; mais il se présente, en outre, des gîtes de contact à remplissages divers.

En résumé, l'on a pu distinguer, dans la pratique, trois types principaux de gîtes calaminaires algériens ou tunisiens :

1° Les cassures minéralisées, pour la plupart situées dans l'urgo-aptien, parfois dans le sénonien, en Tunisie (*Djebel Reças, Djebba, Sidi Youssef*) ;

2° Les contacts par faille, notamment entre le crétacé inférieur et les schistes cénomaniens ou sénoniens (*Kef el Afsa, Rouached, Djebel Azerou, Sidi Ahmed*), ou entre les calcaires crétacés et les marnes triasiques en Tunisie (*Fedj-el Adoub, el Akhouat*).

3° Les contacts interstratifiés de marnes et de calcaires, parfois presque verticaux, comme à *Bekkaria, Khanguet el Mouhad, Aïn Chaouch*.

Comme remarque générale, on peut ajouter encore que le métamorphisme calaminaire est souvent en rapport avec la présence de grottes dans les calcaires : ces grottes prouvant elles-mêmes une circulation

souterraine des eaux, particulièrement intense. On le voit cesser, lorsqu'on peut s'enfoncer assez pour sortir de la zone à circulation d'eaux facile, et entrer, au contraire, dans la zone, où ce mouvement est lent ou insensible ; mais, en général, à ce moment, les difficultés d'épuisement s'exagèrent de telle sorte et, en même temps, le minerai, devenu blendeux, s'éparpille et s'appauvrit si bien, que le gîte peut être considéré comme pratiquement épuisé. Un système d'amas calaminaires est, de toutes façons, une richesse momentanée et limitée, sur la continuité de laquelle il serait extrêmement hasardeux de compter, et qui nécessite, si l'on veut entretenir une exploitation régulière, une proportion de travaux de recherche et de développement tout particulièrement notable.

En parcourant l'**Algérie** de l'Ouest à l'Est, nous trouvons, dans la région caractérisée surtout par la grande mine de fer de la Tafna, deux concessions de zinc et plomb un peu exploitées, *Mazis* et *Djebel Masser*. Dans la première, on est au contact direct du calcaire liasique avec les schistes anciens ; dans l'autre, au milieu du calcaire.

Sur la concession d'*Ouarsenis* (42 kil. S.-E. d'Orléansville), on exploite, à raison de 5 ou 10 000 tonnes par an, dans le lias, des amas calaminaires avec galène, blende, hématite et sidérose, produits d'altération probables de quelque gîte sulfuré complexe.

Puis vient, au Sud-Est de l'Arba, c'est-à-dire au Sud de la Mitidja, la zone blendeuse de *Sakamody*, encaissée dans des schistes crétacés, zone très prolongée dans son ensemble, mais assez éparpillée dans le détail, comme tous les filons encaissés dans des schistes. L'extraction est là d'environ 3 000 tonnes par an.

C'est surtout la province de Constantine, qui est riche en minerais de zinc. On en trouve déjà quelques-uns dans divers filons sulfurés complexes de la côte, par exemple dans le plus connu de tous, celui de *Kef-oum-Theboul*. Le nombre en devient surtout considérable, quand on aborde les grands plissements crétacés et tertiaires, qui constituent l'intérieur du pays, vers le Sahara. Je ferai remarquer tout à l'heure, en parlant du mercure et d'antimoine, que, parmi ces filons, il en est un nombre important, où la calamine et la galène s'associent avec de la stibine et du cinabre.

En partant toujours de l'Ouest, le *Djebel Soubella*, ou le *Bou Thaleb*, (à 55 kil. S. de Sétif) ont attiré l'attention dans ces derniers temps ; la concession du Djebel Soubella est toute récente ; on évalue la calamine reconnue à 60 000 tonnes ; cette calamine, surtout silicatée, avec galène, y remplit des cassures régulières d'un calcaire compact (lias ou bathonien), où l'on trouve, en même temps, un peu de cuivre gris et de cinabre. La concession nouvelle de *Kef Semmah*, à l'Ouest de Sétif, porte sur des amas calaminaires, représentant environ 100 000

tonnes de calamine reconnue. Plus à l'Est, l'importante concession d'*Hammam n'Bails* (23 kil. S.-E. de Guelma) présente, à côté de la calamine et de la galène, l'association de l'antimoine et du plomb sous la forme spéciale de la nadorite. L'amas, qui existe là, a été évalué à 300 000 tonnes (20 mètres sur 100 mètres et 50 mètres). Le gîte de *Djebel Hamimat*, surtout caractérisé par la sénarmontite (antimoine oxydé) renferme, en même temps, de la calamine et du cinabre.

Du côté de Souk-Arrhas et en s'éloignant, au Sud, vers Aïn-Beida ou Tlemcen, ou à l'Est, vers le Kef, on trouve de nombreux gîtes complexes, souvent zincifères et plombeux, sur lesquels on a beaucoup fouillé dans ces derniers temps,

A Mesloula (48 kil. S.-O. de Souk-Arrhas) la calamine est accompagnée de plomb et de cuivre. La région, à demi tunisienne, de *Bou Jaber* (40 kil. N.-E. de Tebessa) est riche en indices plombeux, calaminaires et cuivreux, avec gangue de quartz et barytine, dans un calcaire urgo-aptien. La concession récente de *Bekkaria* (10 kil. E. de Tebessa) porte sur des amas calaminaires dans le turonien.

En **Tunisie**, nous décrirons, plus tard, un certain nombre d'amas calaminaires, accompagnés d'une proportion plus ou moins forte de galène, ou de carbonate de plomb. Ces calamines, localisées comme partout au voisinage de la superficie, sont assez rapidement coincées en profondeur, et les exploitations, qui ont pour but de les dépiler, n'ont, par suite, qu'une durée précaire; mais quelques-uns de ces travaux ont été très fructueux dans ces dernières années. La galène, qui, à la surface, avait été souvent enlevée par les travaux antiques, tend à reprendre son importance en profondeur, soit sous la forme de galène proprement dite, soit sous la forme de minerais mixtes, nécessitant une préparation mécanique et pour lesquels on a installé diverses laveries.

Parmi ces gisements, l'amas calaminaire de *Djebel ben Amar* (25 kil. N.-O. de Béja) remplit une fracture des calcaires sénoniens, ainsi que celui de *Kanguet Kef Tout*, un peu plus au Nord-Est, d'où l'on a déjà sorti 37 000 tonnes de calamine. A *Sidi Ahmed*, sur la même zone, la calamine et la galène incrustent des bâillements de contact entre les calcaires et les marnes sénoniens. En continuant toujours au Nord-Est, à *Djebel Gheriffa*, *el-Grefa* et *Béchateur*, la proportion de plomb (galène et cérusite) devient prédominante dans des fissures analogues de calcaires. Sur la frontière algérienne, *Sidi Youssef*, qui produit, outre les minerais en roche, des quantités considérables de terres calaminaires, comprend également deux filons principaux de calamine, galène et cérusite dans les calcaires sénoniens. Le *Djebel-el-Akhouat* et *Fedj-el-Adoum* (plomb et zinc) sont dans les calcaires, près de leur contact avec des marnes gypseuses triasiques.

Au premier de ces gisements, on rencontre déjà un peu de blende en profondeur. A *Djebba*, on a eu, toujours dans les calcaires, des filets de galène et des poches calaminaires. Au *Zaghouan* et au *Djebel Reças*, les gîtes de plomb et de zinc incrustent, dans les calcaires, des fissures, en relation probable avec la grande dislocation, dite du Zaghouan, à laquelle ils sont, au Djebel Reças, perpendiculaires. Le premier gîte a été vite épuisé ; le second est, au contraire, le plus important, en même temps que le plus anciennement exploité de Tunisie. Un grand amas calaminaire s'est rencontré à l'intersection de deux fractures ; actuellement, à une profondeur plus forte, la mine est surtout redevenue une mine de plomb.

Dans le reste de l'Afrique je n'ai à mentionner que bien peu d'indices reconnus de minerais zincifères.

A *Mindouli*, dans le *Niari* (**Congo français**), un peu de zinc apparaît, avec le cuivre étudié précédemment, dans un système filonien complexe imprégnant des calcaires, et s'y présente sous des formes d'altération surtout silicatées (calamine, parfois manganésifère, ou willémite).

Au **Transvaal**, le zinc n'est qu'un élément accessoire dans la série des gîsements assez complexes, qui ont été déjà signalés au chapitre cuivre.

PLOMB

Les gisements de plomb africains sont, comme les gisements de zinc, pratiquement et industriellement localisés jusqu'ici dans la zone algérienne, où la production de galène est d'ailleurs très minime et résulte eulement de la préparation mécanique, appliquée aux minerais de inc et de plomb, que l'on exploite à la fois.

Les chiffres statistiques ont été les suivants dans ces dernières années (galène et cerusite).

		1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Algérie		178	117	145	120	389	222	
Tunisie.	Galènes	»	242	1 128	2 583	5 224	3 300	10 400
	Mixtes	»	»	»	»	»	10 000	10 000

Si nous commencons d'abord par cette zone méditerranéenne, nous voyons que, suivant la remarque précédente, les gisements de plomb ne méritent guère une description spéciale, puisque ce sont, presque uniquement, les mêmes, dont il vient d'être question à propos du zinc. L'association des deux métaux, zinc et plomb, est ici aussi intime qu'elle peut être dans presque tous les gisements de nature quelconque,

où on les rencontre. Je me contenterai donc de mentionner quelques gîtes, plus particulièrement plombeux, que je ne me suis pas trouvé signaler pour le zinc.

Au **Maroc**, le district de *Tadlah*, près Mekinez, passe pour contenir du plomb, en même temps que du cuivre et le Sud-Ouest du pays, que l'on appelle le *Soos* a, dit-on, exporté de l'argent, provenant de galènes, en Vénétie, pendant le moyen âge.

En **Algérie**, le gîte bien connu et concédé de *Garrouban*, sur la frontière marocaine (30 kil. S.-O. de Lalla Maghnia) est formé de filons encaissés dans les schistes anciens, où l'on trouve, en même temps, un peu de cuivre pyriteux et de faibles quantités de blende. Le groupement du plomb avec le cuivre, qui a été rarement signalé par les géologues, est un de ceux que nous allons rencontrer assez fréquemment dans l'Afrique ; il existe, d'ailleurs, dans beaucoup d'autres pays : par exemple, pour citer deux gisements de genres très différents, dans les filons de Linarès en Espagne et les grès triasiques à nodules métallifères de la Prusse Rhénane.

Un assez grand nombre de gisements plombeux dans l'Ouest Algérien se présentent tous avec un type analogue, sous la forme de veines noduleuses au milieu de calcaires bathoniens, devenus dolomitiques au voisinage du gisement. Dans ces veines, les nodules de galène, plus ou moins volumineux, sont accompagnés par de la blende et parfois des traces de cuivre. Ce type, qui existe à *Deglem*, *Coudiat Reças*, *Saïda*, *Kselna*, se retrouve également, plus à l'Est, dans le *Bou-Thaleb*, au Sud de Sétif, gisement déjà mentionné plus haut comme zincifère, mais où les Arabes avaient exploité beaucoup de plomb.

Une association différente du plomb, cette fois avec le fer, sous forme d'hématite, a rarement de la valeur comme gisement plombeux, mais est intéressante à signaler, parce qu'elle apporte un indice de plus en faveur de l'origine sulfurée, que l'on est peut-être en droit d'attribuer à certaines hématites. Le cas se présente à *Messelmoun*, à l'Est du cap Ténès.

Dans le département d'Alger, près de Palestro, à *Tellat*, il existe, au voisinage d'îlots liasiques, des imprégnations plombeuses.

Enfin, dans l'Est de l'Algérie, la galène, souvent très disséminée, se rencontre dans le calcaire à orbitolites à *Mestoula*, *Sidi-Youssef*, *etc*.

En **Tunisie**, comme nous venons de le voir, le plomb, ainsi qu'en Algérie, accompagne ordinairement le zinc ; nombre de gisements tunisiens ont été exploités pour plomb par les anciens, et les travaux actuels, quand ils s'enfonçent, retrouvent, en bien des points, le prolongement de ces zones plombifères. En outre, les gisements tunisiens produisent de grandes quantités de minerais mixtes, nécessitant une

préparation mécanique, que l'on commence (1902) à traiter en grand dans diverses laveries ; il en résulte que la production des minerais de plomb a beaucoup augmenté en 1901 et paraît destinée à s'accroître encore. Ce plomb se présente à l'état de galène, partiellement transformée en cérusite, avec la calamine, ou avec les argiles rouges zincifères, résultant de la dissolution superficielle des calcaires calaminaires. Parmi les principaux gîtes de plomb tunisiens, je rappelle ceux du *Djebel Reças*, de *Sidi-Youssef*, de *Sidi-Ahmed*, de *Fedj el Adoum*, etc., dont la description sera donnée ultérieurement au chapitre X.

Le reste de l'Afrique nous offre surtout des exemples de l'association cuivre et plomb, déjà signalée tout à l'heure à Garrouban ; on la retrouve, par exemple, dans le Niari, le Katanga, à Grand-Otavi et à Tsoumeb, dans le Sud-Ouest africain allemand.

Dans le **Niari**, près de *Mindouli*, la galène paraît faire partie d'un ensemble filonien complexe, infiltré avec substitution dans des calcaires et comportant un mélange de fer, cuivre, plomb et zinc. La galène a subi un commencement de transformation en cérusite. La même association de cuivre et plomb, qui existe si souvent dans les gîtes sédimentaires de la période permotriasique, se retrouve, plus à l'Ouest, dans le gisement de *Mboko-Songo*.

Dans l'**Angola**, j'ai cité plus haut des filons, renfermant le même groupement de cuivre et de plomb, qui existent, dit-on, près *Dombe*, au Sud de Benguella.

Dans le **Sud-Ouest Africain Allemand**, le gîte de *Tsoumeb* passe pour constituer un amas important à forte teneur en cuivre et en plomb.

Au **Transvaal**, l'association cuivre et plomb se retrouve dans un groupement complexe, qui caractérise la zone métallisée du niveau supérieur de la dolomie, entre Prétoria et le district de Marico, à l'Ouest. Les gisements se présentent parfois, comme à *Kromdraai*, sous la forme de véritables filons de quartz et fluorine, avec galène, cérusite et pyromorphite ; ailleurs, on a des amas de minerais plus complexes (galène, blende, calamine, pyrite, chalcopyrite, cinabre et fluorine), dans des élargissements de la dolomie.

La *Transvaal Silver mine* renferme une association de galène et cuivre gris argentifères avec crocoïse. Il existe également, en rapport probable avec les roches éruptives du Boschveld, des filons de galène (et blende accessoire) dans le niveau supérieur des quartzites du Magaliesberg (*Elendale*, etc.).

A **Madagascar**, on connaît un peu de plomb près du gîte de cuivre d'*Ambatofangehana*, et, dans la même région, la haute vallée de la *Vato* présente, dans un bassin silurien, de beaux filons de galène, avec

cérusite accessoire, au voisinage desquels se trouvent des veines de manganèse cobaltifère.

Enfin, en **Égypte**, sur le bord de la mer Rouge, des exploitations, qui remontent à l'antiquité, ont porté longtemps sur des gîtes plombeux situés à *Djebel Jassus*, 3 kil. au Sud de la baie de *Saffaga* (*Seffageh*) et 60 kil. au Nord de Kosseir. Il paraît y avoir là des imprégnations plombeuses dans un calcaire cristallin, qui apparaît à peu près au sommet d'une colline assez escarpée; mais les anciens mineurs en ont à peine laissé quelques traces, au moins dans les parties accessibles.

ARGENT

L'Afrique ne paraît pas être un pays riche en minerais d'argent. Le contraste, à cet égard, est absolu entre ce vieux continent et l'Amérique, pays géologiquement jeune, où l'argent se rencontre, au contraire, en particulière abondance.

Au **Transvaal**, on a cependant essayé l'exploitation de diverses mines argentifères, où l'argent est associé, non seulement avec du plomb, comme c'est le cas habituel, mais aussi avec du cobalt. La *Transvaal-silver-mine* de Lydenburg présentait galène, cérusite, crocoïse, et cuivre gris argentifère, L'*Albert-silver-mine*, à 85 kil. E.-N.-E. de Prétoria, contenait, dans une gangue quartzeuse, du sulfure de cuivre argentifère, très riche en argent par endroits ; le filon paraissait associé avec des diabases.

Mais, si le Transvaal ne produit pas directement d'argent, il se trouve en fournir des quantités relativement notables par suite de la présence ordinaire d'argent dans l'or brut, le *bullion*, que produisent les grandes mines d'or de ce pays; l'or brut ne produit guère, en moyenne, plus de 820 p. 1 000 de fin et, dans le déchet, il entre une proportion très sensible d'argent.

En **Algérie** et **Tunisie**, il existe également un peu d'argent, associé à la galène, dans des gîtes complexes, où le zinc domine généralement sur le plomb; l'argent n'étant là qu'un accessoire dans le plomb, il me suffit de renvoyer au paragraphe précédent consacré à ce métal. Je décrirai, en étudiant au chapitre X l'ensemble de l'Algérie, le gisement complexe de *Kef-Oum-Theboul*, où se trouvent des galènes et des blendes un peu argentifères, avec des löllingites, qui renferment des filaments d'argent natif.

M. Lacroix signale des cristaux d'argent natif avec calcite dans la dioptase de *Mindouli*, au **Congo** [1].

[1] *Minéralogie de la France*, II, 412.

ANTIMOINE

L'Afrique présente un assez grand nombre de gîtes antimonieux, stibines, cuivres gris, galènes antimonieuses, etc., qui paraissent appartenir à deux types bien distincts : d'une part, une formation ancienne, analogue à celle qui est si largement représentée dans notre Plateau Central français, formation qui, dans certaines parties de l'Afrique, notamment au Transvaal, offre cette particularité d'être aurifère ; d'autre part, une formation tertiaire, rattachée au groupement complexe, dans lequel on trouve, en même temps, le plomb, le zinc, le cuivre, le fer, le mercure, soit à l'état sulfuré, soit sous des formes dérivées des sulfures par oxydation, carbonatation, ou, rarement, chloruration superficielles. En pratique, c'est seulement ce genre de gisements tertiaires, où l'antimoine peut arriver à prendre un rôle prépondérant, qui donne une certaine production industrielle. Cette production vient de l'Algérie et, en Algérie, d'une seule mine aujourd'hui en activité, le *Djebel Taya,* dans le département de Constantine. On a extrait, depuis quelques années :

1895	1896	1897
307 t. = 36 825 fr.	658 t. = 94 785 fr.	731 t. à 148 fr. = 108 105 fr.
1898	**1899**	**1900**
138 t. à 160 fr. = 22 080 fr.	200 t. à 260 fr. = 52 000 fr.	93 t. à 170 fr. = 15 874 fr.

Si nous entrons un peu plus dans le détail, nous voyons, tout d'abord, que, dans la série ancienne, il existe, au **Transvaal**, quelques beaux exemples de stibines aurifères, présentant aux affleurements des grains ou cristaux d'or natif. On en a cité dans le *Swaziland,* à *Gravelotte*, dans le *Murchison Range*, etc. Cette association assez rare de l'antimoine, du soufre et de l'or remplace là celle de l'arsenic, du soufre et de l'or (mispickels aurifères), qu'il est beaucoup plus fréquent de rencontrer.

De la stibine se trouve en filon dans des amphibolites, près de *Forbesreef*, dans le Swaziland.

Il ne faut pas oublier, en outre, que l'une des formes les plus fréquentes, sous lesquelles l'antimoine se présente un peu partout, est le cuivre gris antimonieux, dont il existe des exemples au Transvaal, cités plus haut au chapitre du cuivre.

Dans le reste du Massif Africain, on ne mentionne pas de stibines. Si nous passons, au contraire, à la série tertiaire, nous trouvons, du Maroc à la Tunisie, des gisements d'antimoine assez nombreux. On en a signalé même au **Maroc**; car c'est un des métaux que les Arabes utilisent (fard, peinture, etc.), et qu'ils savent reconnaître. Je citerai,

plus tard, les gisements d'*Anjerah*, non loin de Tanger, de *Ziaidah*, entre Rabat et Casa Blanca, sur la côte Ouest, de *Kenatsa*, du côté de Figuig. L'antimoine y paraît assez souvent associé avec le plomb.

En **Algérie** [1], où les gisement antimonieux se rattachent au groupe des filons complexes, dans lesquels des traces de stibine sont relativement fréquentes, celle-ci ne prend d'importance réelle et ne devient exploitable que dans une zone assez localisée, entre Constantine, Souk-Arrhas et Aïn-Beida, où le cinabre se développe en même temps que l'antimoine.

Les principaux gisements de cette région, qui seront décrits au chapitre X, sont le *Djebel Taya*, concédé pour antimoine (à 31 kil. O. de Guelma), puis le *Dejbel Bebar* (à 10 kil. N.-O. de Guelma) et *Bou Zitoun* (à 6 kil. N. de Guelma), où la stibine est un accident avec de la calamine, de la barytine, etc. A *Oued Ali* (16 kil. N.-N.-O. de Guelma), il y a des veinules de stibine et cinabre dans le calcaire sénonien. Dans la concession d'*Hammam n'Bails* (23 kil. S.-E. de Guelma), exploitée activement pour zinc, la nadorite et la mimétèse se rencontrent avec la calamine. Vers le Nord, le filon de stibine d'*Oued Begra* (8 kil. N.-O. de Bône) est encaissé dans les micaschistes, etc.

Les exploitations du *Djebel Taya* portent sur des veinules dans les calcaires liasiques et des contacts entre ces calcaires et les marnes sénoniennes; la stibine, avec épigénies de sénarmontite et enduits de cinabre, s'y trouve dans une gangue quartzeuse, calcaire et un peu barytique.

D'une façon générale, il y a lieu de faire remarquer l'abondance particulière des antimoines oxydés dans les gisements algériens. Nous verrons, par exemple, que le gîte de *Djebel Hamimat* (60 kil. S.-O. de Guelma) est un véritable gisement de sénarmontite et celui de *Sanza*, un peu plus à l'Ouest (26 kil. N.-O. d'Aïn Beida), un gisement de valentinite, sous la forme de veines d'antimoine oxydé radié dans les marnes aptiennes. Au Djebel Hamimat, on recommence quelques travaux.

ARSENIC

Il existe, en Algérie, un curieux gisement arsenical, c'est celui de *Karézas*, près de Mokta el Hadid (145 kil. S.-42° O. de Bône). On trouve là, intercalée dans une zone d'amphibolites des terrains cristallophylliens, une lentille, qui renferme, non de l'arséniosulfure de fer (mispickel), ainsi qu'il arrive assez fréquemment, mais de l'arseniure de fer sans soufre, ou löllingite ($FeAs^2$). La teneure en arsenic est de près

[1] J. Fournet. *Sur des gîtes d'oxyde d'antimoine du pays des Haractas* (*Algérie*), (B. S. G. F., 2e sér., t. XII, p. 1 039).

de 40 p. 100. Néanmoins, il n'a pas semblé possible de trouver un débouché à ce minerai.

M. Lacroix signale, également[1], à *Kef-oum-Theboul*, de la lõllingite, renfermant des filaments d'argent natif. On verra plus loin que l'arsenic se présente comme une gêne, dans les minerais de fer de *Tabarca*.

SOUFRE (PYRITE DE FER ET SOUFRE NATIF)

L'Afrique, en raison de sa constitution géologique et des observations générales indiquées précédemment, ne peut manquer de contenir des amas de pyrite de fer importants; mais la pyrite est une substance, qui n'a aucune valeur, dans les conditions où se présente encore la presque totalité de ce continent et, comme elle est habituellement masquée à la surface par un chapeau de fer oxydé plus ou moins épais, on n'a pas encore eu l'occasion de faire les recherches qui auraient permis de reconnaître sa présence. Je me contenterai donc de signaler ici un gisement, qui sera décrit assez longuement plus loin et que sa situation, à une distance relativement faible de la côte algérienne, près de Bougie, rend intéressant : c'est l'amas pyriteux d'*El Auzouar*, remarquable également par les conditions anormales, dans lesquelles il affleure au milieu de calcaire : conditions que j'essaierai ultérieurement d'expliquer[2].

Quant au soufre natif, on en a trouvé assez fréquemment en **Algérie**, comme un produit de réduction des gypses triasiques (*Djebel bou Kebch*, dans la région de Souk-Arrhas, *El Kébrita*, dans le département d'Alger, etc.). On a tenté d'exploiter des marnes solfifères du tortonien (Sahélien) à *Kef-el-Djir* ou *Ben Halloufa* (50 kil. N.-37° E. de Relizane) et à 2 kil. S. de Mazouna (Oran)[3].

Peut-être est-ce dans les mêmes conditions que se présentent des mines, citées par E. Reclus comme se trouvant, en **Tripolitaine**, à quelque distance du port de *Braïga* et de *Moukhtar* (ou Muktar), sur la grande Syrte, sur le prolongement d'une zone déprimée de lacs amers[4].

Au voisinage de *Novo Redondo*, dans la colonie portugaise d'**Angola**, il y aurait, d'après le même auteur, des mines de soufre.

On peut également citer la présence de soufre dans des régions volcaniques. C'est ainsi que, dans le **Sahara**, les indigènes se procureraient, dit-on, ce corps pour le mélanger aux nitrates naturels, dont il sera question plus loin et fabriquer de la poudre.

[1] LACROIX. *Minéralogie de la France*, II, p. 375.
[2] Page 174.
[3] LACROIX. *Minéralogie de la France*, II, p. 412.
[4] Tome X, p. 30; t. XIII, p. 388.

MERCURE

Le mercure est rare en Afrique : ce qui me paraît concorder avec l'ancienneté générale des plissements et la profondeur initiale, attribuée aux gîtes, que nous y observons aujourd'hui à la superficie. J'ai déjà remarqué, en effet, combien ce métal avait eu de tendances à monter jusqu'au voisinage de la surface, c'est-à-dire à rester en dissolution facile et combien, par suite, il se trouvait localisé, sur un planisphère, le long des chaînes de dislocation récentes. La seule région mercurielle en Afrique est celle des plissements tertiaires méditerranéens. En **Algérie** et **Tunisie**, on a reconnu la présence du cinabre dans un certain nombre de filons, appartenant au type complexe et renfermant souvent, en même temps, de la galène, du cuivre gris, de la blende, de la stibine, etc. Il y a même eu deux concessions de mercure instituées en Algérie : l'une à *Ras-el-Ma* (10 kil. S.-O. de Jemmapes), l'autre à *Taghit* (42 kil. S.-O. de Batna) ; mais on s'est borné à extraire quelques tonnes de minerai dans des travaux d'exploration, sans faire, en réalité, d'exploitation réelle. La statistique algérienne mentionne : en 1895, 85 tonnes de minerais mercuriels valant 30.000 francs ; en 1896, 8 tonnes valant 2 500 francs ; en 1900, néant.

Tous ces gisements algériens, contenant du cinabre, se trouvent concentrés dans une zone, qui vient déjà d'être indiquée à l'occasion de l'antimoine, à l'Est de Constantine. Le cinabre, contrairement à ce qui se présente dans ses deux grands gisements d'Almaden et d'Idria, y est accompagné d'une gangue abondante, contenant parfois, en outre, des sulfures métalliques déjà mentionnés, de la barytine (*Ras-el-Ma*, *Oued-Noukhal*). On retrouve, d'ailleurs, des indices du même genre dans les Alpes Illyriennes, en Bosnie (cuivre gris avec stibine et cinabre), en Carniole, au gîte de Littai, (qui présentait le cinabre avec de la galène et de la sidérose, substitution probable d'un sulfure de fer à un banc calcaire), et même dans l'Isère, (où l'on a trouvé des traces de mercure avec du cuivre gris, de la sidérose, parfois avee des minerais de plomb et de cobalt).

Citons seulement : *Bir-Beni-Salah* (17 kil. S. de Collo), où l'on a exploité du cinabre avec galène dans des gneiss ; *Ras-el-Ma*, où l'on avait des filons-couches cinabrifères avec barytine, au contact des marnes et calcaires nummulitiques ; *Hamimat* et *Djebel Taya*, les deux mines d'antimoine étudiées plus haut, qui renferment un peu de cinabre avec l'antimoine et la calamine ; *Taghit* (42 kil. S.-O. de Batna), où des filons bien réglés dans le lias[1] contiennent cinabre et galène,

[1] Ville (*Recherches sur les roches*, etc., d'*Oran*, 384, 1852) signale une trouvaille de mercure natif, faite en 1847 dans une carrière de calcaire tertiaire de la ville d'Arzeu.

avec un peu de blende; *Djebel Souhabâ* (38 kil. S.-O. de Souk-Arrhas), où l'on a trouvé récemment, dans le gault et le cénomanien (marnes et calcaires), des fissures, renfermant le cinabre, soit seul, soit avec galène et blende.

En **Tunisie**, le type des gîtes algériens se poursuit et l'on retrouve, notamment, le cinabre avec la panabase et la chessylite dans les filons de fluorine du *Djebel Oust*, au milieu de calcaires jurassiques.

Dans le reste de l'Afrique, suivant la remarque précédente, le mercure paraît rare; on pourra, cependant, en rencontrer, un jour, suivant l'axe éruptif des Grands Lacs. Il en existe également un peu au **Transvaal**, dans une veinule, au milieu des schistes à séricite primaires de la vallée du *Lomati*. On en a signalé, d'une façon vague et sans confirmation, des traces à **Madagascar**. En outre, à diverses reprises, on a rapporté du mercure natif du **Sénégal**, en le donnant comme venant de Saint-Louis.

ÉTAIN. MOLYBDÈNE. BISMUTH

L'intérieur de l'Afrique étant occupé, en grande partie, par une série de terrains primaires plissés, que traversent des granites et des granulites, il est logique de prévoir l'existence de gîtes stannifères en relation avec ces roches, de même que l'on doit y trouver des gisements d'or : l'étain et l'or présentant, on le sait, de grandes similitudes pour quelques-unes de leurs venues.

En fait, quoique les minerais d'étain ne soient pas de ceux qui attirent d'abord l'attention, on en a signalé déjà dans diverses régions [1].

Ainsi, dans le pays de la *Benoué*, affluent de gauche du Niger, ce métal serait, d'après M. Mizon, l'objet d'un trafic considérable.

Dans les *monts de Cristal* (**Congo français**), M. Barrat mentionne également des traces de cassitérite.

Des roches stannifères existent, d'après Van Gèle, sur l'*Oubanghi* et, d'après le commandant Roget, sur l'*Ouellé Makua* (affluent de gauche de l'Oubanghi), où les indigènes fabriquent, paraît-il, des anneaux d'étain, qu'ils portent aux oreilles [2].

Le capitaine Julien [3] parle aussi de gîtes d'étain, exploités à *Massinga,*

[1] On a signalé la présence de l'étain au **Maroc** (?) : étain, qui pourrait bien être, en réalité, de l'antimoine. L'exploitation avait lieu au XVII[e] siècle, sur le chemin de Salli à Tetuan et l'on en faisait, paraît-il, une exportation fructueuse à Marseille. Il n'y aurait, d'ailleurs, aucune impossibilité théorique à ce qu'on trouvât de l'étain au Maroc, puisque l'on en connaît dans les plissements tertiaires, à Campiglia maritima en Toscane; il paraît, de plus y avoir, au Maroc, un massif ancien.

[2] Public. de l'État du Congo, n° 5. *Le district de l'Arouwimi et Ouellé.*

[3] DEMARS. *Le plateau central du Congo français* (Géographie, 15 août 1901).

ou Massinda, à deux jours de marche au Nord du village Agapata, dans le bassin supérieur de la Banghi (affluent de l'Oubanghi). Ces gisements, situés dans une région d'archéen et de granite, présenteraient cette particularité d'être, comme dans le Cornwall, associés avec du cuivre : association beaucoup moins rare qu'on ne l'a prétendu et qui, sans doute, a donné aux peuples primitifs l'idée première de la fabrication du bronze. A **Madagascar**, on a signalé, sous toute réserves, des filons stannifères, dans la région d'*Ambatofangehana*.

Enfin, dans le N.-E. du **Swaziland**, près la frontière du Transvaal, on connaît, depuis longtemps, la présence de l'étain (concession E. King et ferme Oshack). La seule exploitation de ce district, susceptible de prendre quelque importance, est, je crois, la *Ryan Tin Works*, aux environs d'*Embabaan*, qui appartient au groupe Eckstein de Johannesburg et n'a encore été qu'explorée. Bien qu'il y ait, en ce point, des filons d'étain primitifs, les essais d'exploitation ont porté uniquement sur des alluvions, vendues à la Cornish Tin Ticketings. La production, obtenue par des travaux préparatoires, a été la suivante (en minerai à 75 p. 100 de métal ?).

	1894	1895	1896	1897	1898
Tonnes	143	250	240	70	53

D'après M. Molengraaff, il y a là, dans une région de schistes micacés, chloritiques, talqueux et amphiboliques, avec quelques quartzites à magnétite assimilés à la formation d'Hospital-Hill (Johannesburg), des intrusions fréquentes d'un granite, recoupé à son tour par des granulites nombreuses ; ces deux roches ont exercé un métamorphisme notable sur les terrains encaissants, où se sont développées, notamment, la staurotide et la tourmaline (Dackton, Forbes reef). La cassitérite se trouve, non dans du quartz, mais dans des pegmatites proprement dites, recoupant les schistes. Aux Ryan Tin Works (Embabaan), on a observé des filons, dont l'épaisseur était de 0,^{m}10 à 0,^{m}40. La cassitérite y est accompagnée de corindon. Les alluvions, produites par la destruction de ces roches, renferment une couche stannifère exploitable de 1 à 5 mètres d'épaisseur, avec cassitérite, corindon, magnétite, et des minéraux à métaux rares, tels que la monazite (phosphate de cerium, lanthane, thorium), l'aeschynite (titanoniobate des mêmes métaux)[1]. On n'a pas affaire à un sable stannifère fin, mais

[1] Ces minéraux ont été étudiés dans le *Mineralogical Magazine* de 1899 et dans diverses notes de M. Molengraaff. *Ann. Rep. of the State Geolog. of the S. A. Rep. for the year* (Trans. of the geol. Soc. of. S. A., t. IV, p. 143, 1898) et *Géologie de la Républ. Sud-Africaine* (Bull. Soc. géol., 1901, 4e sér., t. I, p. 13). Dans ces filons, les cristaux de cassitérite affectent une forme rare; ils sont allongés considérablement dans la direction de l'arête (111) : (111), ce qui leur donne un aspect tout à fait monoclinique.

à des fragments assez volumineux, montrant le voisinage de la roche primitive. On a trouvé, dans la même région, de la crocoïse.

Cette venue d'étain avec métaux rares accessoires est à rapprocher du fait, signalé précédemment, que, dans le **Namaqualand**, on trouve, en relation avec une venue cuprifère, de la mobybdénite (substance ordinairement associée aux venues granulitiques stannifères).

Il faut noter, d'ailleurs, que l'association de l'étain avec des minéraux sulfurés, notamment avec du cuivre, considérée jadis comme assez exceptionnelle ou du moins propre au Cornwall, se retrouve en bien des régions (Bolivie, Laos, Yunnan, etc.)

Le bismuth, qui fait si souvent partie du groupe de l'étain, mais qui se rencontre, en même temps, associé à l'or en divers points de la Norvège (Falun, Bleka, etc.), existe, au **Transvaal**, dans le district de *Lydenburg*, au reef *Glynn*, avec un peu d'or.

COBALT

Le cobalt présente, au **Transvaal**, une intéressante association avec le cuivre : association renfermant, tantôt un peu d'or, tantôt un peu d'argent. Le groupement cobalt, cuivre et argent, est un de ceux que l'on apprend fréquemment à connaître dans les formations métallifères européennes. C'est ainsi que les cuivres argentifères du Mansfeld présentent des veines de cobalt ; à Schneeberg, etc., en Saxe, à Guadalcanal, en Espagne, on a trouvé des minerais de cobalt argentifères d'une réelle valeur ; le même groupe se retrouve, dans l'Isère, avec des filons de cuivre gris et sidérose, etc. L'association de l'or avec le cobalt est plus imprévue. Parmi ces gisements de cobalt transvaaliens, citons ceux de *Laatse drift*, district de *Middelburg*, où des filons, encaissés dans la norite, renferment pyrite, chalcopyrite, et smaltine, avec forte teneur en or. A *Kruisrivier* (85) dans le district de Middelburg, on a trouvé aussi des smaltines très aurifères.

Il existe, enfin, dans la partie supérieure des quartzites du *Magaliesberg*, des filons cobaltifères, probablement rattachés à d'autres filons plombeux (*Balmoral*, etc.,) contenant smaltine et érythrine.

Madagascar présente un peu de cobalt, associé au bioxyde de manganèse, dans la vallée de la *Vato* (région d'Ambositra).

En **Algérie**, la colbaltite existe au *Djebel-Touïala*, dans la région de *Lourmel* (Oran), associée à la chalcopyrite et à l'oligiste.

NICKEL

En **Algérie**, on a trouvé un arsénio-sulfure de nickel, la gersdorffite, dans les mines de cuivre de *Mouzaïa* et de *Tenès*[1].

Une formation nickelifère très intéressante se présente en divers points de la région d'*Ambositra* et de la *Haute Mania*, à **Madagascar**. Il existe là des hydrosilicates de nickel (garniérites), analogues à ceux que l'on exploite activement à la Nouvelle-Calédonie, et qui, ailleurs, constituent une forme minéralogique assez rare. Le même district, étudié récemment par M. Villiaume, renferme aussi du cuivre, du plomb et du manganèse cobaltifère.

CHROME

Nous avons peu d'exemples de minerais chromifères à signaler en Afrique. Il suffit d'indiquer qu'en **Algérie** un massif de serpentine, dérivant de lherzolites, près de Collo, renferme de petits amas de fer chromé à *Taffercha* et *Euch-el-Bez;* c'est l'association, très ordinaire, du chrome avec les roches basiques magnésiennes serpentineuses, qui fournit le fer chromé dans tous les pays où l'on en extrait.

Au **Transvaal**, on a rencontré, à la *Transvaal-silver Mine*, dans le district de Lydenburg, une association de galène et crocoïse (chromate de plomb), rappelant celle qui existe aux gisements d'or de Berezowsk, mais ici avec des produits d'altération de la chalcopyrite antimonieuse (cuivre gris et sidérose). On trouve également de la crocoïse aux gîtes d'étain du **Swaziland**, décrits précédemment et de la crocoïse bien cristallisée forme une veine de contact le long d'un dyke de diabase traversant des schistes à staurolide près de *Darkton*, également dans le Swaziland. Enfin le même minéral existe en **Rhodésia**.

La même région transvaalienne renferme quelques ségrégations de fer chromé, en même temps que de magnétite, dans des roches basiques, norites, etc.

MANGANÈSE

Le manganèse, qui présente tant de rapprochements de tous genres avec le fer, est, comme celui-ci, un métal d'assez faible valeur et dont les gisements ne sont, même en nos pays, exploitables que dans des conditions spéciales. Aussi, en Afrique, ne l'a-t-on signalé que tout à fait incidemment. Il est évident, toutefois, que les gisements de fer archéens, si nombreux dans l'intérieur du continent, doivent, comme

[1] Lacroix. *Minéralogie de la France*, II, 637, 639.

partout ailleurs (en Scandinavie, par exemple), être très fréquemment manganésifères, et, de même, dans ces produits de décompostion superficielle, qu'on connaît sur de si vastes étendues sous le nom de latérites, une concentration du manganèse disséminé a dû se faire fréquemment, comme on l'observe dans toutes les formations du même genre, sous forme de boules de pyrolusite, de veines d'acerdèse, etc. On signale, par exemple, de l'acerdèse dans la région littorale du Congo français; mais il en existe certainement beaucoup d'autres exemples.

Quelques gisements sont intéressants par l'association du manganèse avec divers métaux.

Ainsi, le bioxyde de manganèse est un des éléments importants de la couche minéralisée cuprifère de *Mindouli* (Niari) dans le **Congo français**. Nous avons vu, en effet, qu'il y a là, sur 1 à 2 mètres de puissance, un minerai noirâtre renfermant 35 p. 100 de bioxyde de manganèse et 16 p. 100 d'oxyde de cuivre.

A **Madagascar**, il existe du manganèse cobaltifère dans la vallée de la *Vato,* non loin de la région où se trouvent les hydrosilicates de nickel et les veines cuivreuses. Manganèse, cobalt et nickel sont des métaux, que l'on est habitué à trouver réunis dans divers gisements, notamment ceux de la Nouvelle-Calédonie.

Au **Transvaal**, le niveau métallifère, qui existe fréquemment à la base de l'étage de la dolomie, dans l'étage de Lydenburg, est caractérisé par un filon-couche, où le manganèse abondant accompagne la pyrite et l'or (*Barrets Berlin, Spitzkop, etc*).

En **Algérie**, le manganèse oxydé forme une veine à *Djebel Tarsa,* près de Tleta, dans un calcaire liasique ou oxfordien. On a trouvé de l'acerdèse dans la limonite à *Djebel-bou-Kérou* et à *Rar-el-Maden,* où le minerai de fer lui-même renferme une teneur moyenne de 7 p. 100 de manganèse. D'autres gîtes ferrugineux sont également manganésifères : ainsi le *Djebel-bou-Kadra,* où la teneur en manganèse est de 3 p. 100. A *Mokta-el-Hadid,* on a trouvé des tubes creux, entièrement formés de manganite (acerdèse), parfois translucide en lames minces.

Des tentatives d'exploitation ont été faites sur un filon de quartz et rhodonite (superficiellement oxydée en pyrolusite), à environ 1 km. à l'Est du point culminant de *Bou-Zaréah* (Alger). Il en existe aussi des variétés vertes (bustamite), avec de l'ilvaite, dans un filon d'oligiste du *cap Bou-Garoune,* près de Collo [1].

Enfin, dans la presqu'île du **Sinaï**, je signalerai l'association du manganèse avec le cuivre, dans les veines, encaissées par les grès

[1] LACROIX. *Minéralogie de la France,* I, 632; III, 358.

nubiens, qui ont donné lieu aux fameuses exploitations de l'antique Égypte.

PLATINE

On ne connaît pas de gisements de platine en Afrique. Je citerai seulement, en raison de sa curiosité, la découverte faite par M. Berthelot, d'un grain de platine encastré dans les caractères hiéroglyphiques d'un étui, trouvé à Thèbes et dédié, au VII[e] siècle avant Jésus-Christ, par la reine Shapenapit[1].

Sur l'une des faces de cet étui, les caractères sont en or ; sur l'autre, ils sont en argent, et c'est au milieu de cet argent que s'est trouvée une feuille de platine, prise sans doute par les Égyptiens pour de l'argent. On ignore absolument l'origine de ce platine ; mais l'association fréquente du platine avec l'or dans diverses alluvions peut faire penser qu'il vient de quelque alluvion aurifère exploitée dans l'antiquité, peut être de Nubie.

[1] *C. R. Ac. Sc.* t. 132, p. 729 et 1282 (1901) et *Ann. Phys. et Chimie* (1901).

CHAPITRE IV

LES MINERAIS DE FER AFRICAINS

1° Congo français. Angola. Katanga.
2° L'Est-africain. Madagascar. Transvaal.
3° Maroc. Algérie et Tunisie (la Tafna, Mokta el Hadid, Djebel Ouenza, Tabarca).

Les minerais de fer constituent une richesse, dont la mise en valeur nécessite un état de civilisation déjà avancé et des voies de communication faciles. C'est pourquoi, bien que ce genre de minerais semble particulièrement abondant en Afrique et puisse être regardé comme une ressource précieuse pour l'avenir de ce pays, n'avons-nous à mentionner qu'un très petit nombre de gisements de fer réellement exploités : gisements tous situés sur notre côte méditerranéenne d'Algérie, à proximité de ports d'embarquement. Il faut ajouter, d'ailleurs, que, jusqu'au jour où le mode d'extraction du fer se sera complètement transformé et où l'on aura, par exemple, trouvé un traitement électrique facile, ce qui permettrait l'utilisation des forces motrices hydrauliques, l'Afrique paraît devoir rester dans un état d'infériorité notable pour la grande industrie métallurgique, par suite du défaut de vastes gisements houillers, auxquels ne pourra suppléer que secondairement la combustion de ses immenses forêts.

Cette remarque faite, les gisements de fer africains se divisent en deux catégories principales : 1°, les gîtes en amas, intercalés dans les terrains primitifs ou primaires de toute la masse continentale africaine ; et, 2°, les formations plus récentes, en relation avec les plissements et, peut être, avec les roches éruptives tertiaires de la chaîne algérienne. On peut ajouter à ces deux groupes principaux les produits d'altération et de concentration superficiels, qui, au détriment des divers gîtes profonds, parfois même par l'isolement ou la remise en mouvement mécanique et chimique d'éléments ferreux disséminés et inutilisables dans les roches, ont formé, à la surface, de petits dépôts : ce sont là, généralement, en tous pays, les premiers minerais, auxquels

s'attaque une industrie rudimentaire des indigènes, d'abord parce qu'ils sont faciles à exploiter à ciel ouvert et à concentrer par triage à la main ou simple débourbage, ensuite parce qu'ils sont, pour la plupart, aisément fusibles. Le fer ne paraît pas exister, en Afrique, sous forme de niveaux sédimentaires proprement dits, analogues à ceux qui font, par exemple, la richesse de l'Alsace-Lorraine; et cela se conçoit, étant donné la très faible extension des terrains secondaires et tertiaires, où se trouvent, en Europe, la plupart de ces niveaux. En parcourant, d'abord, la masse continentale africaine, nous ne rencontrerons que des gîtes du premier type, c'est-à-dire intercalés dans les terrains anciens métamorphiques ; en terminant par la côte méditerranéenne (Algérie et Tunisie), où se trouvent les seuls gisements de fer ayant une réelle valeur industrielle, nous observerons, à la fois, des amas primitifs et des épanchements filoniens, ou des dépôts de substitutions tertiaires, que nous ne séparerons pas les uns des autres pour ne pas rompre l'unité géographique de la description.

La grande masse continentale africaine, — c'est-à-dire tous ces terrains anciens métamorphisés et plissés, que l'on retrouve, de tous côtés, en Afrique, recouverts par un manteau intermittent de terrains du Karoo horizontaux — paraît être remarquablement riche en oxydes de fer cristallisés, oligiste et magnétite, comme elle l'est, nous l'avons vu déjà, en sulfure de fer, parfois cuprifère, parfois nickélifère ou cobaltifère, parfois aurifère.

Il n'y a rien là que de très conforme avec la thèse générale, sur laquelle j'ai insisté dans ce volume, d'après laquelle les gisements africains seraient, en général, des gîtes de profondeur, mis seulement au jour par une très longue érosion et assimilables à ceux que l'on rencontre dans d'autres portions du globe, également érodées jusqu'à la racine depuis un plissement extrêmement ancien, à la suite duquel l'écorce est toujours restée stable : par exemple, la Scandinavie et la Laponie, ou le Canada avec le Nord des États-Unis [1], ou encore le Brésil. L'on sait quelle est l'extraordinaire richesse en amas ferreux des pays Scandinaves ou Nord-américains ; les gisements du Brésil, peu mis en valeur, paraissent presque comparables. On pouvait donc s'attendre, a priori, par suite de cette assimilation théorique, à trouver en Afrique de grands amas, de vastes couches interstratifiées d'oligiste et de magnétite, des montagnes de fer, comme celles de Kirunavara, Gelli-

[1] Les chaînes de plissement les plus anciennes de notre hémisphère s'étant formées autour du pôle nord, c'est là que l'érosion a pu les attaquer le plus longtemps et que l'on a des chances de rencontrer, à la surface, les roches les plus profondes. Peut-être est-ce pour cela que les gîtes de fer sont particulièrement nombreux dans cette couronne boréale et on est en droit de se demander si l'orientation du magnétisme terrestre n'en aurait pas été influencée.

vara, ou Grængesberg, en Suède, des dépôts semblables à ceux du Lac Supérieur, avec des ségrégations ou des inclusions de magnétite dans des roches basiques, moins intéressantes pour l'industrie, mais importantes pour la théorie des gîtes métallifères, par la lumière dont elles éclairent les autres formations. Autant que l'on peut en juger d'après les récits des voyageurs et les résultats encore très sommaires de premières explorations, c'est, en effet, ce que semble présenter la masse africaine. Tous ces gisements, plus ou moins altérés à la surface suivant une remarque précédente, se présentent à un premier examen dans des conditions analogues, qui permettront d'être assez bref sur leur description : la plus grande différence entre eux résulte de leurs dimensions absolues, élément du plus haut intérêt, quand il s'agit de cuber et d'apprécier industriellement un gîte, mais qui ne modifie que peu de chose à une description sommaire, comme celle qui peut trouver place ici.

Suivant l'ordre généralement adopté dans cet ouvrage, nous allons faire le tour de l'Afrique en commençant par le Nord-Ouest, c'est-à-dire par le Soudan, ce qui nous permettra de décrire d'abord tous les gisements primitifs pour finir par les gisements tertiaires d'Algérie.

1° CONGO FRANCAIS, ANGOLA, KATANGA[1]

Au **Congo français**, d'après M. Barrat, le fer existe en grande abondance ; c'est un fait en relation avec la présence du cuivre déjà signalée[2], les deux métaux étant souvent associés.

1° L'on trouve, dans les terrains métamorphiques du massif cristallin, des quartzites à oligiste et à fer magnétique, analogues aux itabirites du Brésil et à certains minerais du Lac Supérieur, ou encore aux minerais de Diélette, dans la Manche, que recherchent les forgerons indigènes à cause de leurs qualités dues à l'absence de soufre. Barrat cite l'*Okanda*, le bord de la rivière *Sébé* et le *Haut Oubangui;*

2° Il existe également quelques filons d'hématite dans le massif ancien (*Ogooué*, gorge du *Congo*, *Tchiloango*);

3° Enfin, la variété la plus répandue, surtout dans la région littorale, est le minerai argileux et hydraté,(limonite bulleuse,ou fer pisolithique), qui se trouve fréquemment au milieu de la latérite et y est parfois associé avec des lits d'acerdèse.

Dans l'**Angola**, on connaît, paraît-il, de nombreux gisements de fer

[1] 1862. ANTINORI. *Die Eisen Industrie der Djur in Central-Afrika.* — 1883. H. DRUMMOND. *Geology of Central Africa* (Nature, t. XXIX, p. 551).

[2] Page 123.

près de *Dondo*, sur le Couanza et dans la région du *Loucalla*, mentionnés plus haut à l'occasion du cuivre.

Dans l'Est du Congo, Cameron mentionne de grands gîtes de fer entre *Manyara* et *Kasongo*. Stairs en cite d'autres entre le *Tanganyika* et le *Moero*.

Sur le *Mbomou* (Haut Congo), la mission Bonnel de Mézières [1] a trouvé également, dans les gneiss et micaschistes du terrain archéen, d'épaisses veines ou amas d'oligiste et de magnétite, transformés à la surface en limonite.

Dans l'Ouest de la **Colonie du Cap** (Namaqualand), la mine de *Tweefontein* présente une association, intéressante à signaler, de chalcopyrite avec magnétite que l'on retrouve également dans le **Murchison Range**, à *Palabora*.

Dans le pays du **Katanga**, à l'Ouest du lac Bemba, nous avons vu, au chapitre du cuivre, qu'il paraissait exister d'importants gisements sulfurés de pyrites de fer et de cuivre, sous forme de masses interstratifiées dans des schistes siliceux ou calcaires, de lentilles, d'imprégnations, etc. On trouve, en même temps, soit par une transformation secondaire (en tout cas très ancienne) de ces gisements sulfurés, soit plutôt par une formation connexe, comme cela paraît être le cas en Scandinavie et au Canada, de grands amas de magnétite et d'oligiste, sur lesquels je vais insister et, enfin, il existe des produits d'altération, tels que la sidérose et la limonite. Les noirs cherchent, paraît-il, et fondent des grains d'oxyde de fer, disséminés dans les terrains argileux superficiels : genre de métallurgie, qui a dû être celui pratiqué par toutes les premières civilisations et, notamment, par la civilisation homérique.

Les amas de magnétite et d'oligiste du Katanga forment, si les premiers explorateurs ne se sont pas laissé entraîner par leur enthousiasme, des gisements considérables et de qualité supérieure, tels qu'il en existe dans peu de régions au monde, si ce n'est en Scandinavie. Voici, en effet, ce qu'en dit M. Cornet :

« En beaucoup d'endroits, spécialement dans le Sud du Katanga, l'oligiste ou la magnétite se présentent en amas atteignant souvent des proportions énormes... Ces massifs, opposant aux actions dénudantes une résistance supérieure à celle qu'offrent les couches verticales ou fortement redressées qui les accompagnent, se présentent généralement sous forme de collines coniques, faisant saillie sur un pays en plateau ondulé... D'après le nombre d'amas importants que j'ai pu observer sans m'écarter beaucoup de notre itinéraire, on pourra se faire une idée

[1] *Géographie*, 1900, p. 307.

de l'énorme quantité de minerais de fer de qualité supérieure que récèle le sol de ce pays ».

Parmi les gîtes, dont on trouvera la description dans les mémoires de M. Cornet[1], celui de *Kibanda* est une masse d'oligiste dans des schistes cristallins ; celui de *Moa Molulu*, une masse d'oligiste avec quartz, au milieu de schistes siliceux, quartzites et grès ; celui de *Ntenké*, un amas de magnétite presque pure, ou légèrement mêlée d'oligiste et de quartz, dans un poudingue à pâte schisteuse, qui fait partie d'un système de schistes et quartzites : cet amas est oblique à la stratification.

Ailleurs, à *Kafunda Mikopo*, on a un mélange intime de magnétite et d'oligiste, grenu et assez compact, à structure subschistoïde, situé souvent au contact d'un calcaire ; à *Chamélengé*, une colline de 120 mètres de haut paraît constituée d'une seule masse de magnétite, presque pure ou mêlée d'oligiste, etc.

2° EST-AFRICAIN. MADAGASCAR. TRANSVAAL

Dans la publication officielle de Karl Peters sur l'**Afrique orientale allemande**, il est question également d'amas de magnétite au Nord du lac *Victoria Nyanza*. Bornhardt[2] signale aussi, en passant, des amas importants de magnétite dans les gneiss, amas évidemment sans utilisation possible d'ici longtemps. Enfin, le Dr Danz[3], qui a visité longuement la partie de la colonie allemande non explorée par Bornhardt, parle de grandes masses de magnétite au Nord du lac *Nyassa*. Toujours dans l'Afrique orientale allemande, on a mentionné, en 1901, des minerais de fer à *Songea* et à *Muanza*.

A **Madagascar**, tous les explorateurs sont d'accord pour dire que l'on voit des minerais de fer en abondance un peu de tous côtés. J'en reparlerai au chapitre spécial relatif à cette île.

Au **Transvaal**, l'existence de minerais de fer pourrait avoir un certain intérêt, le combustible étant d'autre part abondant, pour fabriquer sur place les rails de chemin de fer, poteaux télégraphiques, etc... Aussi a-t-on apporté quelque attention à la découverte récente (1902) de couches de minerai de fer dans le district de Middelburg ; la valeur de ces dépôts reste, d'ailleurs, à démontrer. J'ai signalé également, plus haut[4], d'importantes ségrégations de magnétite dans des norites.

[1] Voir bibliographie en note, page 127.
[2] *Zeits. d. Deutsch. geol. Ges.*, t. 50. Berlin, 1899.
[3] *Zeits. fur prakt. Geol.*, 1900, p. 262.
[4] Page 52.

En **Éthiopie**[1], on connaît, près de *Finfani*, des minerais de fer, raités par les indigènes dans des bas foyers analogues aux fosses catalanes.

Enfin, quand nous allons étudier tout à l'heure l'Algérie, nous trouverons, dans la zone de terrains archéens qui reparaît le long de la côte entre Philippeville et Bône, notamment aux environs de *Mokta-el-Hadid* et vers *Filfila*, des amas de magnétite et d'oligiste, encaissés dans ces terrains, qui appartiennent très vraisemblablement au type ordinaire africain, dont il vient d'être donné tant d'exemples.

3° MAROC, ALGÉRIE et TUNISIE

Les minerais de fer d'Algérie et de Tunisie méritent une étude spécialement détaillée. Ils présentent, en effet, dès aujourd'hui, une réelle importance pratique et industrielle. Aussi est-il bon, avant de les énumérer et classer d'après leurs particularités géologiques, de signaler brièvement les résultats obtenus dans cette exploitation, ainsi que les gisements, très peu nombreux en réalité, par lesquels est alimentée toute la production algérienne.

Si l'on consulte les dernières statistiques officielles, on trouve que les divers éléments relatifs à l'extraction des minerais de fer en Algérie de 1879 à 1901 sont représentés par le diagramme ci-joint (fig. 33) qui, depuis 1895, accuse un relèvement très notable de la production, en même temps qu'un accroissemenl des prix de ventes. Contre 318.000 tonnes à 7 fr, 91 en 1895, on est monté à 602.000 t. à 9 fr. 28 en 1900. Ces minerais d'Algérie sont entièrement exportés et, pour la plupart, non pas en France, mais à l'étranger. En 1900, l'exportation s'est ainsi répartie :

				tonnes.
Pays-Bas (à destination de la Belgique, de l'Allemagne, etc.)				342 000
Angleterre	—	—	—	164 000
France	—	—	—	53 000
Etats-Unis	—	—	—	20 000
Allemagne	—	—	—	15 000
Autriche-Hongrie	—	—	—	12 000
				606 000

En 1900, le fer oxydulé a valu sur place 8,36 la tonne, l'hématite rouge 9 fr. 47.

La production est, presque exclusivement, fournie par les deux gisements de *Mokta-el-Hadid,* dans la province de Constantine et de *la Tafna* (ou *Béni-Saf*), dans la province d'Oran, appartenant à la même compagnie. Le premier, vaste amas dans les terrains primitifs, qui a été

[1] *Zeits. für prakt. Geol.*, 1898, p. 403.

le point de départ des exploitations de cette société en Algérie, a produit, en 1874, jusqu'à 430.000 tonnes par an. Sa production n'était plus que de 127.000 tonnes en 1888 et est tombée à 86.000 tonnes en 1900 ; le gisement, formé comme nous le verrons, d'un système d'amas limités, touche à son épuisement. Le gîte tertiaire de la Tafna est, au contraire, encore en pleine activité et on lui attribue généralement une durée de vie probable pouvant atteindre dix ou quinze ans. En 1888, on en a extrait 250.000 tonnes ; en 1900, on est arrivé à 418.000 tonnes.

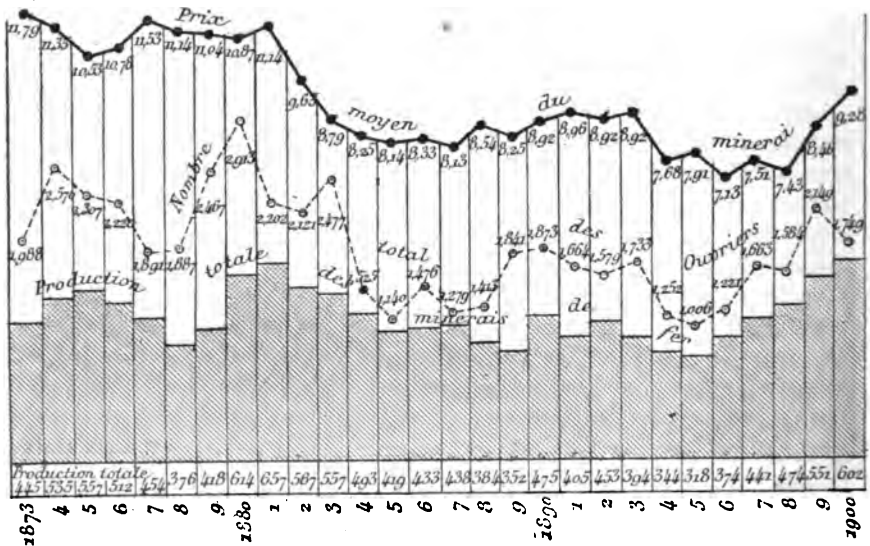


Fig. 33. — Production et prix moye des minerais de fer en Algérie.
(Les productions en milliers de tonnes ; les prix moyens en francs par tonne).

Les autres mines de fer, exploitées en Algérie sont ***El-M'Kimen*** (Constantine, près de Mokta-el-Hadid, à la Société des hauts fourneaux de Chasse, qui a produit, en moyenne, de 1898 à 1901, 6.000 tonnes de fer oxydulé par an ; ***Bab'M'Teura*** ou ***Rar-el-Maden*** et ***Dar-Rih*** (Oran), qui ont produit, en 1900, l'une 70.000 tonnes, l'autre 10.000 tonnes d'hématite manganésifère.

Quelques autres gisements, sur lesquels l'attention a été assez fortement attirée dans les derniers temps, méritent également, pour l'importance qu'ils peuvent prendre un jour, une mention spéciale.

Entre ceux-ci, il convient de citer, en premier lieu, ceux des territoires des Meknas et des Nefzas, près de ***Tabarca***, en Tunisie, et ceux du ***Djebel-Ouenza***, entre Tlemcen et Souk-Arrhas, au voisinage de la frontière tunisienne ; puis divers amas intercalés dans les calcaires liasiques (autrefois regardés comme néocomiens).

Parmi ces gisements de la côte méditerranéenne, sur lesquels nous reviendrons dans l'étude d'ensemble, qui doit leur être consacrée au chapitre X, il en est au moins de deux natures géologiques très distinctes.

Le premier type, celui de Mokta-el-Hadid, correspond probablement à celui que nous avons rencontré un peu partout dans les terrains anciens d'Afrique. C'est, au milieu de terrains cristallophylliens et primaires, ramenés au jour sur la côte par un accident tectonique, une série d'amas d'oligiste et magnétite, analogues aux minerais scandinaves.

Il existe, d'autre part, en une foule de points, des amas d'hématite rouge ou brune, à caractère filonien plus ou moins net, parfois aussi des gîtes de substitution dans les calcaires, qui présentent quelque analogie avec les minerais des Pyrénées et de la côte Est d'Espagne et qui, ainsi que ceux-ci, pourraient bien n'être, en réalité, (contrairement aux apparences premières) que les chapeaux oxydés de gîtes sulfureux plus ou moins complexes (cuivre, plomb, zinc, etc.) : filons complexes, dont Kef-oum-Theboul est le plus connu et qui sont assez nombreux sur toute la longueur de la côte méditerranéenne.

On peut, dans une certaine mesure, faire rentrer dans ce groupe, quoi qu'ils s'en distinguent beaucoup par leur valeur industrielle, des filons de sidérose, où le cuivre gris joue parfois un rôle dominant, parfois, au contraire, disparaît tout à fait : filons, dont les types sont nombreux dans l'Isère (Allevard, etc.), dans la Sierra Nevada, dans la Kabylie, puis en Turquie et en Bosnie ; ces gîtes, que l'on a généralement commencé, un peu partout, par exploiter sans succès pour le cuivre, peuvent, au contraire, devenir intéressants pour les métallurgistes, quand le cuivre n'y existe même pas en traces. Ce sont, presque toujours, des altérations superficielles de pyrites cuivreuses, légèrement antimonieuses ou arsenicales.

Ce n'est pas ici le lieu de développer méthodiquement les raisons qui me font attribuer, dans l'allure actuelle des minerais de fer tertiaires, en Algérie comme dans l'Est de l'Espagne et dans les Pyrénées, un rôle important au métamorphisme superficiel. Il y a là une question très intéressante, que j'ai déjà eu l'occasion de traiter ailleurs [1], et sur laquelle je reviendrai encore dans le chapitre X, consacré précisément à l'étude générale, de ces minerais complexes algériens. Néanmoins, l'idée générale que je viens d'indiquer, et qui suppose une origine sulfurée primitive à la plupart des gîtes de fer filoniens oxydés ou carbonatés, n'est pas, je le sais, sans troubler les opinions reçues et sans se heurter parfois à certaines apparences contradictoires, notam-

[1] *Contribution à l'étude des gîtes métallifères* (Ann. des mines, août 1897). — *Sur la forme profonde des amas filoniens de fer* (Comptes rendus de l'Ac. des Sciences 29 mars, 1897. — Cf. *C. R. Ac. Sc.*, 22 mars 1897 et 14 juin 1897.

ment dans les gîtes que l'on croit avoir épuisés jusqu'au fond sans y rencontrer les sulfures prévus. Comme il en résulte également des conséquences plutôt défavorables dans l'évaluation première de certaines mines, elle peut être combattue et je crois utile d'en dire quelques mots, malgré tout ce que j'ai déjà eu l'occasion d'écrire sur ce sujet[1] dans des publications antérieures.

Cette altération est, je le rappelle, causée par le contact des eaux superficielles, et par celui des eaux souterraines dans le voisinage de la superficie, où leur circulation est rapide et où, par suite, elles sont constamment réalimentées de leurs agents actifs, l'oxygène et l'acide carbonique. Elle a, par conséquent, un rapport direct avec la forme de la topographie, les plongements des couches et la position du ou des niveaux hydrostatiques. Elle peut prendre, suivant la nature du terrain encaissant, deux formes très distinctes, dont l'une est propre aux terrains calcaires, bien que, remarquons-le avec insistance, elle ne s'y soit pas nécessairement réalisée, et dont l'autre s'applique aux terrains inattaquables par les acides.

En premier lieu, dans les terrains autres que les calcaires, qui ne fournissent pas d'acide carbonique aux eaux, la décomposition se fait par le passage direct du sulfure de fer au peroxyde, celui-ci résultant d'une transformation en sulfate de peroxyde, suivie d'une reprécipitation. Cette altération, qui constitue les *chapeaux de fer* proprement dits, peut être plus ou moins profonde; généralement, elle s'arrête d'une façon très nette, très brusque, presque sans transition, à 20 ou 30 mètres au plus de la surface.

Mais cette forme d'altération nécessite le voisinage immédiat de la superficie; car les eaux ont vite fait de perdre leur oxygène en le fixant au contact de substances altérables. Une forme toute différente se produit, au contraire, en profondeur, dans les terrains calcaires, par l'action des eaux, qui, sans être capables de déterminer une peroxydation, peuvent cependant effectuer une double décomposition réciproque du sulfure de fer et du carbonate de chaux en contact : c'est-à-dire donner d'abord du sulfate de fer, qui se transforme en carbonate de fer, ou en carbonate de chaux ferrugineux (ankérite, etc.). Cette réaction peut avoir lieu jusqu'à de grandes profondeurs, dans les calcaires très fissurés, qui permettent l'infiltration des eaux par larges masses, sou-

[1] Des découvertes, récemment faites dans la région de Huelva et que me communique M. Juan Hereza, paraissent bien venir à l'appui de cette idée. Dans ce pays caractérisé par les grands amas de pyrite au milieu des schistes, on vient de trouver, à Jabugo, un amas d'oxyde de fer substitué à des calcaires archéens, au milieu des talcshistes; et les travaux ont reconnu l'existence de veines sulfurées (pyrite, chalcopyrite, avec galène), d'où l'oxyde de fer pourrait provenir, comme dans les gîtes algériens complexes, par un métamorphisme secondaire, qu'auraient facilité les calcaires.

vent même leur circulation vauclusienne, c'est-à-dire leur pénétration au-dessous du niveau hydrostatique, ainsi que cela se passe dans les sources thermales. Elle exclut le voisinage direct de la superficie. Sa conséquence première est la formation d'amas de sidérose ou d'ankérite ; mais, en général, à ce premier stade de réaction en succède un second, lorsque ces masses de carbonates, d'abord formées à une certaine profondeur, se trouvent, par les progrès de l'érosion[1], rapprochés de la superficie ; on voit alors cette sidérose, à son tour, se transformer en hématite et, pratiquement, ce genre de gîtes commence, à la surface, par des hématites, au-dessous desquelles on trouve des sidéroses, les pyrites restant souvent inaccessibles et leur existence toute théorique.

Comme ces réactions diverses demandent un certain temps pour s'effectuer, on voit que l'allure résultante du gîte de fer dépend, non seulement de la topographie actuelle, et de la direction des cassures, par lesquelles les eaux souterraines ont pu pénétrer facilement au contact du gîte et agir sur lui, mais aussi du temps qu'elles ont eu pour effectuer leur réaction, de la vitesse avec laquelle la superficie a été entamée par l'érosion, etc. Il importe de ne pas oublier ces dernières remarques, si l'on veut s'expliquer bien des anomalies apparentes.

D'autre part, les contacts de terrains schisteux imperméables et de calcaires, qui ont toujours été des zones de pénétration facile par les eaux, jouent un rôle tout particulier dans ce genre de dépôts, parce qu'ils ont d'abord permis l'introduction et l'incrustation des eaux métallisantes et, en second lieu, plus récemment, contribué à leur métamorphisme. C'est pourquoi tant d'amas de sidérose ou de calamine se trouvent suivant des plans de contact.

L'origine première des gisements ferrugineux filoniens étant, dès lors, attribuée souvent à des formations sulfureuses, en majeure partie composées de pyrites, dont, à la superficie et jusqu'au niveau hydrostatique, nous observons seulement la transformation oxydée ou carbonatée, on peut s'attendre à voir, quand on s'enfonce, les minerais, d'abord très purs en soufre, se charger de ce métalloïde et, en même temps, à rencontrer accessoirement quelques autres sulfures métalliques, par exemple de la galène, dont la présence a été fréquemment signalée avec l'hématite, dans les Pyrénées ou en Algérie. Comme l'exploitation des minerais de fer, en raison de leur faible valeur, est, presque toujours peu profonde et souvent même bornée à des travaux à ciel

[1] Le rôle énorme des érosions relativement récentes dans la constitution de la topographie actuelle, les épaisseurs considérables de terrains (comptées par centaines ou milliers de mètres), qu'elles ont enlevées et, par suite, la différence absolue entre la superficie actuelle et celle qui existait au moment où se sont constitués les derniers gîtes métallifères, sont des faits peu connus, mais sur lesquels on ne saurait trop attirer l'attention dans une théorie de ces gisements.

ouvert, cette considération n'a qu'une faible importance industrielle.

Ajoutons, d'ailleurs, aussitôt que l'altération superficielle des sulfures de fer ou de cuivre, même dans des terrains calcaires, n'est pas un fait rigoureusement nécessaire. Cette altération, qui a été en rapport avec des actions anciennes, dont le processus exact nous échappe, descend, suivant les cas, à des profondeurs très variables et, tandis que, dans certains gîtes, le chapeau de fer dépasse 50 ou 60 mètres d'épaisseur comme au Djebel-Ouenza (Constantine), ailleurs, dans des conditions assez analogues, on trouve, presque aux affleurements, de la chalcopyrite ou de la pyrite de fer intacte. Le cas le plus remarquable, à cet égard, est celui que nous rencontrerons à El-Auzouar (Mansouria), où une lentille de pyrite, intercalée dans des calcaires, a subsisté, en grande partie, à l'état de pyrite, tandis qu'une partie formait directement de l'oxyde. Dans chaque cas particulier, il y a lieu de chercher les causes de ces divergences en étudiant de près la topographie et la tectonique de la région, qui entoure le gisement. Ainsi, le chapeau de fer du Djebel-Ouenza se trouve sur une éminence et les travers-bancs, qui ont reconnu la présence continue des oxydes de fer à 50 mètres de profondeur, ont pu traverser la colline de part en part en allant du jour au jour, c'est-à-dire qu'on est très au-dessus du niveau hydrostatique. Le gîte de El-Auzouar est, au contraire, au fond d'un ravin, encaissé en grande partie dans des terrains friables du trias, qui s'affouillent aisément et la persistance de la pyrite est peut-être uniquement à chercher dans ce fait que la vitesse d'affouillement se sera trouvée dépasser la vitesse d'oxydation, en sorte que le gisement n'a pas encore eu le temps d'être altéré. Il reste pourtant à s'expliquer pourquoi, malgré la présence du calcaire encaissant, la pyrite de ce gîte s'est, en partie, directement transformée en oxyde, sans passer par l'intermédiaire de la sidérose ou de l'ankérite. Cela doit tenir également à ce que l'oxydation, par suite de cet affouillement rapide que je viens de supposer, a eu lieu constamment au contact des eaux très superficielles et chargées d'oxygène, tandis que le passage préalable en sidérose suppose une altération par des eaux plus profondes, chargées seulement d'acide carbonique et dépouillées de leur oxygène.

Les exemples de ce genre d'amas pyriteux, subsistant dans les calcaires, sont rares, en raison des conditions très spéciales qu'ils supposent. Je citerai seulement, comme point de comparaison, les gîtes de Soyons dans le Gard.

Enfin, une dernière observation générale, relative aux gisements de fer, c'est que la dissolution facile de ce métal dans ses diverses combinaisons avec des acides, — soit à l'état de sulfate par oxydation directe de la pyrite, soit en carbonate par l'acide carbonique de l'air et par celui qu'une double décomposition peut emprunter aux calcaires

encaissants, soit par l'intervention d'acides organiques, crénique, etc., — rend cet élément incessamment mobile, et déplaçable à tous les instants; si l'on y joint la réduction du sulfate en sulfure par les matières organiques, la peroxydation des magnétites au contact de l'air humide et, d'autre part, la déshydratation des oxydes hydratés par la chaleur, la réduction de l'oligiste en magnétite par divers agents de métamorphisme, etc., on voit que les multiples combinaisons du fer sont susceptibles de passer constamment des unes aux autres et de revenir même à leur point de départ après un cycle complet : d'où une complication toute spéciale dans l'étude de leurs gisements et une apparence d'irrégularité spéciale dans leur allure.

Pour l'énumération des très nombreux gîtes de fer exploités, concédés ou reconnus en Algérie, il me suffira de renvoyer aux notices minéralogiques détaillées que le Service des Mines Algérien a publiées à l'occasion des dernières expositions universelles de 1889 et 1900 : notices, qui comportent une description sommaire, non seulement des gîtes concédés, mais même des gîtes simplement reconnus. Je ne parlerai donc que des gisements principaux, ou de ceux qui présentent, à un titre quelconque, un intérêt un peu spécial.

Suivant l'ordre adopté dans les notices en question et pour faciliter les recherches de détail, je ferai cette description de l'Ouest à l'Est, ce qui nous conduit à commencer par le Maroc, prolongement naturel de l'Algérie, dont, malheureusement, l'exploration est encore, de toutes façons, remarquablement peu avancée.

Maroc. — Pour le Maroc, nous avons deux descriptions générales, que j'ai déjà citées précédemment, celles de MM. Budget Meakin et Th. Fischer.

M. Budget Meakin signale, notamment, des exploitations anciennes de fer un peu au Nord de *Fez*, de l'autre côté du Sebou et d'autres, près d'*Idaoo-Itilt*, dans *Soos*, qui auraient fourni le métal aux fabriques d'armes fameuses de ce pays. Il y aurait eu également des minerais de fer utilisés au cratère éteint du *Djebel-Hadid*, dans Abda, à 825 mètres d'altitude. Ce sont, sans doute, les mêmes, que signale Th. Fischer comme se trouvant en un point du même nom, à 22 kil. Nord-Est de Mogador. Vers le Sud-Est, près d'*Aïn-Hadschar*, le même auteur a vu des traces d'anciennes exploitations de fer, qui remontent peut-être à l'antiquité. En résumé, on ne paraît pas extraire de minerais de fer actuellement du Maroc.

Algérie[1]. — Dès que l'on a franchi la frontière marocaine, on trouve, chez les Msirdas, à *Djebel-Bou-Kérou*, un amas d'hématite manganési-

[1] Voir la carte des gîtes métallifères de l'Est Algérien, au chapitre x.

fère, intercalé dans l'oxfordien et en relation possible avec une éruption andésitique, sur lequel ont été faits quelques travaux arabes.

Plus loin, à 20 kil. Est de Nemours, on a entamé, depuis 1898, l'exploitation d'un amas lenticulaire d'hématite, très manganésifère, dit *Rar-el-Maden* (ou Bab M'teurba), qui se trouve au contact des schistes anciens et des calcaires du lias. Ce gisement a produit 70 000 tonnes en 1900. On commence à l'exploiter souterrainement. La valeur spéciale du minerai tient à ce que sa teneur en manganèse, atteignant 7 p. 100, est suffisante pour que le manganèse soit payé séparément par les métallurgistes. En profondeur, on voit, par une confirmation des lois très générales qui ont été indiquées en commençant, l'hématite passer à de la sidérose cristalline et compacte bleue d'un aspect très spécial ; cette sidérose doit être soumise à un grillage.

Puis vient une zone homogène d'amas analogues, répartis sur 10 kilomètres de long et tous également situés au contact des schistes anciens et de calcaires liasiques : zone, qui comprend un gisement très considérable, lè plus important d'Algérie en ce moment, le gîte de la rivière *Tafna* ou, officiellement, de *R'ar-el-Baroud* (grotte de la poudre), également connu sous le nom de *Beni-Saf*, son port d'embarquement.

Ce gîte est situé à 21 kil. Ouest 8° Sud d'Aïn-Temouchent ; la zone totale renferme, dans un espace restreint, de l'Ouest à l'Est, *Djebel-Rouïssat, Djebel-Skouna, Oued-Boukourdan, R'ar-el-Baroud, Nedjaria, Dar-Rih;* puis, en suivant la côte vers le Nord-Est, *Tenikrent*, l'*Aoueria, Camerata* et *Sidi-Safi*. A Sidi-Safi, l'hématite est, par endroits, légèrement cuivreuse.

De tous ces gîtes, trois sont à retenir : *R'ar-el-Baroud, Dar-Rih* et *Camerata* qui appartiennent tous trois à la Compagnie de Mokta el Hadid. R'ar-el-Baroud est la grande mine, que je vais décrire longuement. A Dar-Rih, on fait une exploitation souterraine, qui a atteint 50 000 tonnes d'hématite manganésifère. Enfin, pour exploiter le gîte de Camerata, qui est encore en reconnaissances et aménagement, on a établi une voie à large section, de 10 kilomètres, presque entièrement en tunnel, entre le port de Beni-Saf et Camerata [1].

La feuille au 1,50 000e de Beni-Saf, publiée par M. Gentil en 1900, et commentée par la thèse du même auteur, met bien en évidence les caractères géologiques de cette région, où reparaissent des zones de terrains primaires, de trias gypseux (sur lequel nous aurons à revenir en parlant du gypse) et de lias, en même temps qu'une série de volcans

[1] Voir, sur les minerais de fer algériens : BERTHIER. *Note sur différents minerais de fer de l'Algérie* (Ann. d. Mines, 4e série, t. II, p. 488). — PERNOLLET. *Notice sur les usines à fer de Malaga, suivie de considérations relatives au traitement des minerais de fer de l'Algérie* (Ann. d. Mines, 4e série, t. VIII, p. 595). — POUYANNE. *Sur la région ferrifère de Ouelhassa* (Algérie) (Ann. d. Mines, 7e sér., t. IX, p. 81).

anciens sont entourés de coulées de leucotéphrites, leucitites et basaltes. On ne saurait dire s'il y a une relation entre ces roches éruptives et les minerais de fer ; mais il y a, tout au moins, rapprochement géographique. D'autre part, la situation ordinaire de ces gisements au contact des schistes anciens imperméables et des calcaires attaquables du lias paraît indiquer, à la fois, un phénomène filonien profond, dont la nature réelle, peut-être pyriteuse, reste indéterminée et une importante altération superficielle, qui, se concentrant, comme d'habitude, au contact de calcaires et de schistes, a fortement attaqué les premiers, en donnant naissance, par substitution, d'abord à des carbonates, puis à des oxydes plus ou moins hydratés. Le rôle, que nous attribuons là aux réactions secondaires, explique comment ces gisements présentent, avec la surface actuelle du sol, des relations qui ont frappé les observateurs. Il

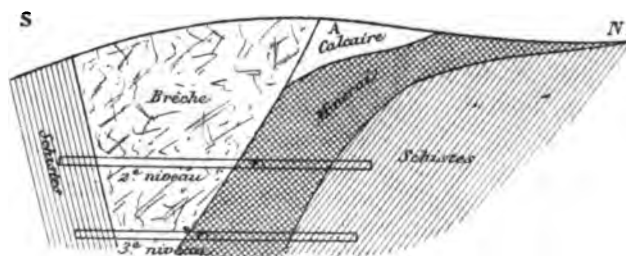


Fig. 34. — Coupe théorique dans le grand découvert de R'ar-el-Baroud,

n'y a rien là, on le sait, que de conforme avec ce que nous connaissons dans des régions tout à fait homologues de l'Algérie pour leurs minerais de fer, comme la zone pyrénéenne avec son prolongement sur Bilbao et les côtes de Catalogne, de Murcie, ou d'Almeria.

Le gisement de *R'ar-el-Baroud*, qui paraît filonien et d'âge tertiaire, forme, d'après une description de M. Parran, un amas très puissant, découvert sur 700 mètres de longueur et parfois 100 mètres de large, associé à des calcaires subcristallins probablement liasiques et remplissant, avec ces calcaires, une cavité à section grossièrement triangulaire, dirigée du S.-S.-O. au N.-N.-E., dont les schémas des figures 34 et 35 donnent une image. Les calcaires, associés au minerai, se sont effondrés dans cette cavité en se brisant et formant une sorte de brèche ; ils ont subi une substitution ferrugineuse, qui les a partiellement et assez irrégulièrement transformés (peut-être par l'intervention de sidérose) en hématite rouge et friable, d'une teneur en fer de 58 0/0 environ, à l'état sec. Tout l'ensemble est intercalé au milieu de schistes d'âge problématique, certainement antérieurs au jurassique, peut-être liasiques, peut-être beaucoup plus anciens, qui se montrent très

métamorphisés et talqueux et, souvent, au contact du minerai, sont décomposés en kaolin blanc.

L'hypothèse la plus vraisemblable relative à la formation de ce gîte est qu'on est là sur le passage d'une ligne de fracture tectonique, le long de laquelle se sera produite une venue filonienne hydrothermale, sans doute analogue à celles qui, sur toute la côte algérienne, ont donné des filons sulfurés complexes. L'âge de cette venue semblerait ici du miocène inférieur (cartennien de Pomel); car, d'une part, suivant une remarque de M. Pouyanne, des filons ferrugineux, en relation avec le minerai de la Tafna, se prolongent dans le crétacé, qui entoure les schistes et, de l'autre, on trouve des fragments de minerai dans un poudingue rattaché au miocène.

Après sa formation, le gîte a certainement subi un métamorphisme profond, qui contribue puissamment à son aspect actuel. Il paraît avoir été entamé et remanié, dans sa partie Sud, par la mer miocène; en sorte que, de ce côté Sud, le minerai est remplacé par des sables, empâtant des galets des divers terrains qui entourent l'hématite, calcaires, schistes et minerai même.

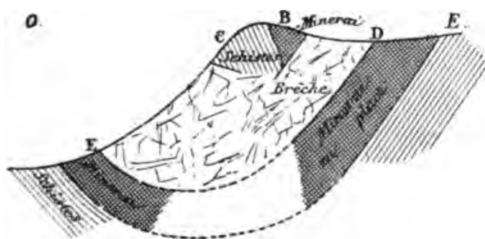


Fig. 35. — Coupe prise dans la partie Ouest du gîte de R'ar-el-Baroud, dirigée N.-S.

Il est bien probable que les réactions récentes ont, en outre, continué et achevé l'œuvre commencée à l'époque miocène, en déterminant la transformation complète de tout le gisement accessible en hématite.

Le minerai exploité se compose d'hématite rouge sombre ou bleu noirâtre, presque partout excessivement friable et tombant en poussière : ce qui empêche de l'utiliser dans les usines françaises, où l'on exige du gros. Il donne jusqu'à 67 p. 100 de fonte et tient 2 à 3 p. 100 de manganèse, pas de silice, pas de soufre ni de phosphore, ou du moins des traces infimes de ce dernier corps (3/10 000), le reste étant seulement du carbonate de chaux.

Si l'on part de l'extrémité Est du gisement, on trouve, d'abord, un découvert, où le minerai et le calcaire forment des masses enchevêtrées irrégulièrement, mais toujours entre un toit et un mur bien net. Vers l'Ouest, le gîte s'amincit brusquement jusqu'au grand découvert (fig. 34), situé sur l'amas principal dont on a vu plus haut les dimensions. Au delà, il se recourbe vers le Nord (fig. 35), jusqu'aux limites de la concession. Au coude même, on connaît un minerai extra-riche

(67 p. 100 de fer), noir bleu, pulvérulent, complètement englobé dans le calcaire.

En coupe transversale, on peut remarquer, sur la figure 34, que le minerai semble s'étaler par-dessus les schistes du mur vers l'affleurement. Il en résulte, dans la partie Ouest, un placage peu épais de minerai très calcaire et pauvre, dit « triage », (à 40 ou 45 p. 100 de fer).

On doit également signaler la présence fréquente, au-dessus du minerai, de calcaires imparfaitement attaqués et, par-dessus ceux-ci, de l'énorme brèche signalée précédemment : brèche contenant des blocs arrondis de minerai, de calcaire, de schistes, etc., atteignant 25 mètres de diamètre et cimentés par une pâte argileuse. Cette brèche est absolument continue tout le long de la couche de minerai, toujours au toit ; en profondeur, elle se termine en biseau. Dans la coupe (fig. 35), il semble falloir lui rattacher le minerai B et le schiste C et admettre, comme je l'ai dit plus haut, que, de D en E, on a affaire à une cavité, dont la formation doit être en rapport avec les mouvements qui ont provoqué, ou au moins précédé la venue des eaux métallisantes.

L'exploitation de ce gisement, qui se fait entièrement à ciel ouvert, a commencé vers 1873. Il a été acquis, en 1879, par la Compagnie de Mokta-el-Hadid. La production s'est élevée progressivement à 418 000 tonnes de minerai marchand en 1900 : ce qui représente près de trois fois autant de roches abattues. On est, en effet, obligé, pour les découverts, de commencer par enlever jusqu'à 50 mètres d'épaisseur de stérile. En outre, le triage doit être fait très soigneusement ; car si les minerais renferment à peine 3/10 000es de phosphore, les schistes encaissants en contiennent parfois près de 8. Ces minerais, une fois abattus, sont descendus jusqu'au port de Beni-Saf par un chemin de fer industriel de 4 kil., terminé par un plan incliné automoteur : là ils sont entassés dans d'énormes cheminées, afin de pouvoir charger, dans le minimum de temps, les navires qui viennent les prendre, à raison de 3000 tonnes par jour. L'exportation se fait à destination de l'Angleterre, de la Belgique, de l'Allemagne, de la France et, accessoirement, des États-Unis. La teneur garantie, variable suivant les cas, est toujours, au minimum, de 47 p. 100 de fer. La production, depuis l'origine, a été de 6 millions de tonnes.

Dans le prolongement de la zone minéralisée de R'ar-el-Baroud, on a fait, à *Camerata*, des recherches, qui ont permis de reconnaître l'existence d'affleurements analogues, avec mêmes épanchements, mais non accompagnés de brèche.

Si nous continuons maintenant à parcourir la carte d'Algérie de l'Ouest à l'Est pour y chercher des gîtes de fer, nous rencontrons encore, à l'Ouest d'Oran, quelques amas d'hématite ou d'oligiste, situés, dans des conditions identiques, au contact des calcaires liasiques et des schistes

anciens, ou, dans les calcaires, au voisinage de ces schistes (communaux de *Bou-Tlélis, Cap-Falcon, Djebel-Ahoun*, etc.). La Société minière franco-algérienne fait actuellement des recherches dans cette région, ainsi que dans le *Djebel-Krichtel*, à l'Ouest d'Arzeu. Les minerais sont là des hématites, dérivant évidemment de sidéroses (qui, elles-mêmes, ont pu avoir pour origine des pyrites) : hématites très disséminées en stockwerks dans un calcaire irrégulièrement imprégné de fer. On est là toujours sur la même zone de terrains primaires, que nous suivons depuis le Djebel-Maazziz à la frontière du Maroc, et il semble bien y avoir une relation entre le phénomène tectonique, qui a ramené au jour les terrains anciens sur cette zone, les roches éruptives tertiaires et les gisements de fer, parfois accompagnés d'un peu de cuivre. L'hypothèse d'une telle relation est d'autant plus vraisemblable que le rapprochement se poursuit d'un bout à l'autre de l'Algérie, aussi bien du côté de la Mouzaïa ou en petite Kabylie, ou, très accessoirement, à l'Est de Saïda, qu'entre la Tafna et Oran, tandis que, dans les régions où n'apparaissent pas les roches éruptives, on n'a pas de gisements de fer semblables.

C'est ainsi que d'Arzeu nous sautons plus de 300 kilomètres, jusqu'aux environs de Ténès ou d'Orléansville, pour trouver un gisement d'hématite signalé. Celui de *Sidi-Abd-er-Rahman*, (à 16 kil. O. de Tenès), est sur un chapeau de filon de chalcopyrite ; il est sans importance. Celui de *Djebel-Hadid*, concédé à 45 kil. S. O. de la même ville, se compose, au contraire, d'un chapelet de lentilles, offrant un certain tonnage, en partie au contact du cartennien et de calcaires, peut-être nummulitiques reposant eux-mêmes sur des schistes crétacés supérieurs, en partie dans le cartennien. Ceux de *Témoulga* et *Tiberkanin* (à 22 kil. E. d'Orléansville) ; *Rouïna* (à 43 kil. de la même ville), sont dans des calcaires liasiques[1] épigénisés, où le dernier occupe une grande surface. Ils ont été tous trois exploités de 1872 à 1876, et l'attention est, actuellement, de nouveau attirée sur eux.

Près de *Gouraya*, on a fait, vers 1888, diverses tentatives d'exploitation sur un système de petits filons de sidérose avec traces de cuivre gris et barytine, transformés en hématite à la surface et recoupant le sénonien. Les filons concédés de *Messelmoun*, entre Gouraya et Cherchel, se rattachent au même groupe ; ils sont, les uns dans les marnes cartenniennes, les autres dans le sénonien ; l'un d'eux contient de la galène : observation, qui se renouvelle assez fréquemment aussi pour les minerais des Pyrénées et qui contribue à me faire regarder toutes ces hématites comme des chapeaux, plus ou moins profondément oxydés, de filons sulfureux. Il y a là, près de la côte, une série de filons

[1] Ces calcaires figurent encore comme néocomiens dans la *Notice du Service des mines* de 1900.

marneux d'hématite passant à la sidérose, dont aucun ne présente de masse notable.

Le même genre de gisements qu'à Témoulga et Rouïna, dans des calcaires néocomiens (parfois considérés comme liasiques) se retrouve à *Zaccar-R'arbi* (1 500 m. N.-E. de Milianah), où, sur des surfaces considérables, des hématites, qui semblent produites par épigénies, se présentent au milieu de calcaires liasiques. Ces minières, amodiées par le domaine, ont été l'objet d'une exploitation active, aujourd'hui arrêtée, mais qu'une société belge veut reprendre. Grâce à un tarif de 3 centimes par tonne kilométrique jusqu'à Alger, celle-ci espère trouver un débouché pour ses minerais.

Au Sud-Ouest d'Alger, la région limitrophe de la Mitidja, qui va de Mouzaïaville à Rovigo, contient, en même temps que des plissements de terrains anciens et des roches éruptives tertiaires, un certain nombre de veines d'hématite, passant vite à la sidérose, parfois avec cuivre pyriteux. Le principal filon de ce genre est celui de *Soumah* (9 kil. N.-E. de Blidah, et un peu au Sud de Boufarik, qui a été assez activement exploité jusqu'en 1883, mais sans réaliser les espérances, auxquelles il avait donné lieu au début. On a également travaillé, jusqu'en 1874, à *Bouïnan*, sur un filon du même genre.

Près de *Fondouk*, à l'Est d'Alger, il existe des hématites un peu cuivreuses dans un calcaire de l'éocène moyen.

Un peu au Sud de *Ménerville*, nous commençons, en même temps qu'apparaît le terrain archéen, à rencontrer un tout autre type de gisements, qui va se développer dans l'Est, en même temps que celui-ci : ce sont les amas d'oligiste et fer oxydulé, intercalés entre les strates des gneiss et passant ici latéralement à des quartzites. Le gisement de *Bordj-Caïd-Ladi* (6 kil. S. de Ménerville) n'a donné lieu à aucune exploitation ; celui d'*Aïn-Oudrer*, près de là, a été concédé et l'on y fait quelques travaux à ciel ouvert sur des minerais pauvres siliceux, à triage très difficile.

De l'autre côté de la Kabylie, on trouve, à 3 kil. de la station d'*El-Matine* (ligne de Béni-Mansour à Bougie), à *Timezrit* (30 kil. S.-O. de Bougie) des lentilles d'hématite, intercalées dans une zone ferrifère au milieu des calcaires liasiques ; une concession doit être instituée prochainement et l'on vient de construire un câble aérien de 3 kilomètres. Cette hématite, sur laquelle les Kabyles avaient fait d'anciens travaux, est le produit d'une substitution du fer au calcaire, qui a pris d'abord la forme de sidérose ou de calcaire ferrifère, et s'est ensuite oxydée. Comme dans tous les gîtes du même genre, l'imprégnation ferrifère s'est irrégulièrement disséminée dans les calcaires, suivant des fissures, en englobant des blocs inattaqués. C'est ainsi que la zone ferrifère, d'environ 1 kilomètre de long sur 50 mètres de large,

peut renfermer, en moyenne, une teneur de 5 p. 100 de fer sous forme de carbonate spathique, tandis que, par endroits, se trouvent les lentilles irrégulières d'hématite à 57 p. 100, qui constituent le gisement. On a reconnu de 150 à 200 000 tonnes.

Au Sud-Est de Bougie, entre 16 et 25 kil. de cette ville, on signale plusieurs gisements de fer sans grande valeur dans le calcaire liasique ou le grès ligurien. Celui de *Kandirou*, jadis exploité par les Arabes, doit être repris prochainement : le cuivre gris y est accolé à l'hématite.

Du côté de *Collo*, on connaît, dans le massif éruptif tertiaire, un certain nombre de gisements de fer, intéressants à noter à cause de cette relation directe avec les roches éruptives, qui peut éclairer sur l'origine de beaucoup d'autres filons, plutôt que pour leur valeur industrielle assez faible. C'est, par exemple, *Aïn-Sedma*, découvert en 1873 par la Société des lièges de la Petite Kabylie, où l'on a travaillé jusqu'en 1885, et depuis 1898, sur des lentilles d'oligiste et magnétite avec pyrite de fer, puis *Sidi-Driss*, *Sidi-Ouaret*, *Bou-Jersoun*, gîtes inexplorés mais analogues.

De ce côté également, nous retrouvons les amas cristallins encaissés dans les gneiss.

Entre Djidjelli et Bône, sur environ 160 kil. de long et, en moyenne, 30 kil. de large, il existe, on le sait, le long de la côte, un important massif Est-Ouest de terrains archéens. Là se trouvent *Estaya*, *Medjadja*, *Mesallas*, *Ouled-Nouar*, à l'Ouest de Philippeville : lentilles d'oligiste assez insignifiantes dans les gneiss, qui annoncent les amas importants de la région de Bône. A l'Est, au contraire, de Philippeville, entre 10 et 20 kil., quelques concessions, un peu plus importantes quoique abandonnées, à *Aïn-Ben-Merouan*, *Filfila*, *Fendeck*, portent sur des amas ou couches d'hématite rouge, intercalés dans des schistes d'âge problématique, peut-être liguriens, parfois aussi rapportés au cristallophyllien. Puis viennent les gîtes de Mokta-el-Hadid, sur lesquels je vais revenir. Mais, auparavant, citons encore, beaucoup plus au Sud, la région intéressante du *Djebel-Hamimat* et *Sidi-Regheiss*, à environ 30 kil. N.-O. de Aïn-Beida : région, dont les gisements d'antimoine ont été déjà signalés, mais où se trouvent également quelques affleurements ferrugineux dans des calcaires, probablement sénoniens.

Enfin, nous arrivons à la grande zone de minerais de fer archéens de *Mokta-el-Hadid*, à l'Ouest de Bône, qui a été la première exploitée largement et est restée longtemps la plus importante en Algérie.

La mise en valeur de cette région est due à Paulin Talabot [1], le

[1] *Paulin Talabot*, 1799-1885, par le baron Ernouf. 1 vol. Plon, 1886. — *Paulin Talabot* par Parran, 1885.

célèbre organisateur de la Grand'Combe, du chemin de fer d'Alais, de la fusion du réseau Paris-Lyon-Méditerranée, des docks de Marseille, etc., qui, en 1865, constitua la Société de Mokta pour exploiter des gisements, concédés depuis 1845[1], mais, jusqu'alors, à peine utilisés et qui fonda, en grande partie pour assurer des débouchés à la mine, la Société algérienne et celle des Transports Maritimes ; c'est-à-dire que l'essor de cette affaire a été intimement lié à la première prospérité de l'Algérie. J'ai déjà dit comment la Compagnie de Mokta avait acheté, en 1879, les gîtes de la Tafna (Rar-el-Baroud), précédemment décrits, qui sont devenus aujourd'hui son centre principal d'extraction.

Ces gisements de *Mokta-el-Hadid* (Aïn Mokra)[2] sont situés dans le département de Constantine, au pied du versant Sud du massif cristallophyllien, qui s'étend de Philippeville à Bône, près du lac Fezarra.

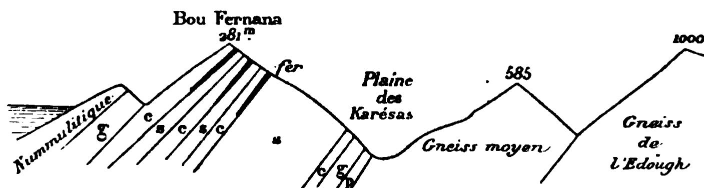


Fig. 36. — Coupe de la région de Mokta-el-Hadid, d'après M. Parran.
g, gneiss feuilleté supérieur ; *s*, schistes micacés grenatifères, alternant avec cipolins *(c)* et minerais de fer ; *p*, pyroxénite.

Un chemin de fer de 35 kilomètres relie Mokta à Bône, son port d'embarquement, où se trouve un quai outillé pour charger des vapeurs jusqu'à 4 000 tonnes à raison de 1 200 tonnes par jour.

La même compagnie possède, outre les gisements d'Aïn-Mokra, ceux, situés un peu plus à l'Est, de *Karézas* et de *Bou-Hamra*, où elle exploite également des lentilles nombreuses, mais de faible importance, On a vu que la production, après avoir été de 430.000 tonnes en 1874, est tombée peu à peu à 127.000 en 1888 et 86.000 en 1900.

Le gisement de Mokta, composé de fer oxydulé et de fer oligiste massifs, est considéré comme interstratifié, par substitution à des bancs calcaires, dans un terrain de gneiss et schistes micacés, qui d'après M. Parran, comprend, de haut en bas (fig. 36) : 1° Gneiss feuilletés supérieurs (*g*); 2° Schistes micacés et grenatifères, avec bancs subordonnés de calcaire, d'argiles et de minerai de fer (niveau de Mokta)

[1] Le gisement de Mokta-el-Hadid, quoique exploité pour la plus grande partie à ciel ouvert comme une minière, suivant la distinction subtile de la loi de 1810, a été concédé : ce qui a amené de longs procès avec les propriétaires de la surface.

[2] Voir, pour la bibliographie de ces gisements, *Traité des gîtes minéraux*, t. I, p. 721 à 728.

(*s* et *c*); 3° Gneiss schisteux (*g*), avec amas de pyroxénite (*p*) et autres minerais de fer intercalés entre les bancs de gneiss ; 4° Gneiss glanduleux de l'Edough.

Le gneiss inférieur de l'Edough, souvent glanduleux, renferme fréquemment, ainsi que le gneiss moyen, des enclaves lenticulaires d'une pyroxénite verte massive, essentiellement formée de pyroxène et de grenat, noyée aux affleurements dans une terre rouge. Cette roche, qui est probablement, ainsi que le minerai de fer et les grenats, un produit de substitution, formé par métamorphisme aux dépens de calcaires anciens, renferme, comme éléments accessoires, de la pyrite de fer, du sulfure double d'antimoine et de fer, des cristaux de grenat, etc. Les schistes micacés à lentilles d'oligiste contiennent, pour la même raison, de l'amphibole et du grenat.

C'est dans cet étage des schistes micacés grenatifères que se présentent les lentilles de minerais de fer, associées aux calcaires ou se substituant à eux, surtout près de leur contact avec les schistes imperméables. L'épaisseur de l'étage à minerais de fer et à cipolins est estimée d'environ 300 mètres. Comme dans tous ces gisements de substitution au milieu des calcaires, le minerai passe au calcaire pur en perdant peu à peu sa richesse en minerai ; il se compose, aux affleurements, d'un mélange intime de fer oxydulé et de fer oligiste massifs, rendant 60 p. 100 de fonte dans le haut fourneau et présentant une teneur de 1 à 2 centièmes de manganèse[1]. Par un phénomène, qui paraît assez général et qu'on retrouve en Suède, l'oxyde magnétique tend à dominer au voisinage des calcaires, en acquérant une très grande dureté. On peut remarquer également la présence de pyrite de fer en veinules dans les calcaires du toit et dans les argiles du mur; quelques mouches de galène ou de pyrite cuivreuse les accompagnent. Il n'est pas impossible qu'on ait là un indice d'une formation profonde sulfurée, qui, par un métamorphisme peut-être contemporain de la cristallisation même des sédiments devenus des gneiss, aurait donné les oxydes de fer[2].

Parmi les divers affleurements de minerai de fer de la région, le

[1] Le manganèse n'est pas disséminé uniformément dans la masse, mais isolé en veines minces qu'on retrouve, au voisinage, dans les schistes.

[2] On a rencontré, en outre, à Mokta, une poche de chlorure de fer. Jamais on n'y a signalé de sidérose. Dans toute hypothèse, l'association des oxydes cristallins de fer, oligiste et magnétite, avec des sulfures de fer, parfois de cuivre ou de nickel, rarement de plomb ou de zinc, est un phénomène que l'on retrouve dans la plupart des gisements présentant ce type de profondeur et encaissés, interstratifiés, comme celui-ci, au milieu des terrains cristallophylliens (Suède, Canada, etc.). Ainsi, dans les gisements analogues, à gangue de skarn, en Scandinavie, on retrouve également des sulfures ; souvent même, avec la magnétite, une certaine abondance de pyrite cuivreuse. Nous avons rencontré plus haut au Namaqualand, (page 136) cette même association de magnétite et pyrite cuivreuse.

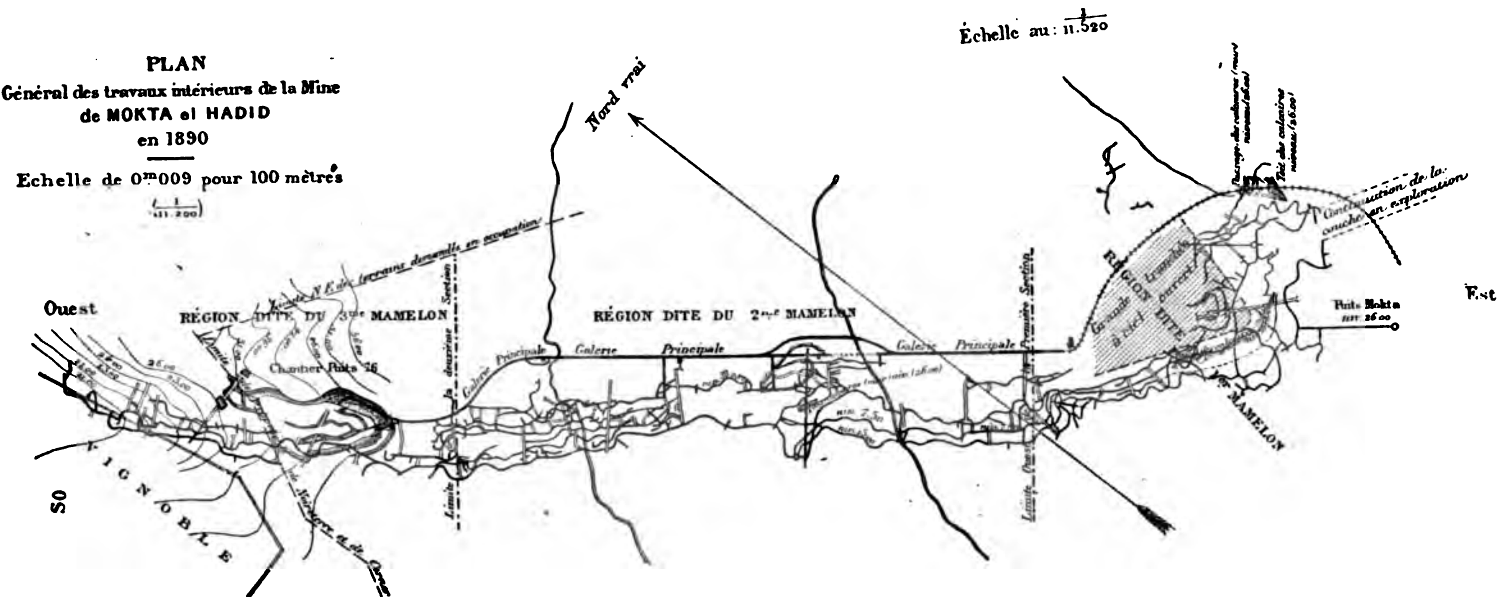

PLAN
Général des travaux intérieurs de la Mine
de MOKTA el HADID
en 1890
Echelle de 0m009 pour 100 mètres
Échelle au: 1/11.520
Ouest
Est
SO
Nord vrai
RÉGION DITE DU 3me MAMELON
RÉGION DITE DU 2me MAMELON
Galerie Principale
Galerie Principale
Limite de la deuxième Section
Limite Ouest de la Première Section
Continuation de la couche en exploration
Puits Mokta
1er MAMELON
VIGNOBLE

Fig. 37.

principal, celui de Mokta proprement dit, forme, au milieu des cipolins, une couche assez continue, suivie sur 2 kilomètres de long, avec des élargissements lenticulaires et des amincissements. La forme de l'affleurement (fig. 37), autrefois considérée comme dessinant une courbe concave vers le Nord, se présente, en réalité, comme à peu près rectiligne.

Le grand amas ou premier mamelon, d'abord découvert et aujourd'hui complètement dépilé, avait une inclinaison de 30° et 40 mètres de puissance (95 mètres suivant l'horizontale). 500 mètres plus à l'Ouest, on a retrouvé un second mamelon moins gros. Vers l'Ouest, l'inclinaison diminue de plus en plus et l'épaisseur se réduit à 1 mètre : ce qui est encore exploitable; vers l'Est, on est venu buter assez rapidement contre une faille. Une coupe transversale dans la région du premier mamelon (fig. 38) montre la disposition du minerai de fer, intercalé dans sa partie supérieure, entre des schistes plus ou moins argileux grenatifères, souvent un peu discordants avec le gîte, et, en profondeur, se perdant progressivement dans un banc calcaire, qu'il a sans doute complètement remplacé en haut. A la surface du sol, on trouve souvent des fragments de minerai à peine roulés, ou *caillasses*, qui semblent devoir être attribués à la destruction des affleurements et qui ont constitué une bonne partie de la production de la mine.

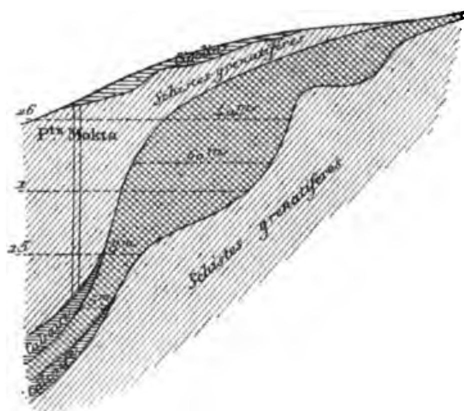


Fig. 38. — Coupe verticale Nord-Sud du gîte de Mokta-el-Hadid.

On distingue, à Mokta, deux minerais, tous deux mélangés de sesquioxyde et de magnétite : le minerai rouge et le minerai gris. Le gris, un peu moins riche, doit sa couleur au calcaire. Il domine en profondeur et ne contient plus de manganèse. Tous deux sont exempts de soufre et de phosphore. La teneur en titane est à noter et rapproche ce gisement de ceux de la Laponie Suédoise ou du N.-E. des Etats-Unis.

L'analyse d'un minerai donne :

Fe^2O^3	88,25	S.	0,09 à 0,65
Mn^3O^4	2,50	Ph.	0, à 0,003
SiO^2	6,10	Mn.	1, à 6,25
Al^2O	1.50	Cu.	0,001 à 0,04
CaO	0,45	Titane	1, à 6
Perte au feu	1,90		

Ce minerai a pu être exploité longtemps, par suite du faible plongement des couches, en grande partie à ciel ouvert et dans des conditions de bon marché exceptionnelles. On l'entaillait alors par d'immenses gradins, du pied desquels partaient les wagons, qui se rendaient à Bône. Aujourd'hui, les travaux sont presque exclusivement souterrains. Le cubage de la masse a été l'objet d'évaluations très diverses ; on peut estimer que l'ensemble des gîtes de Mokta a produit environ 7 millions de tonnes.

A l'extrémité du lac Fezzara, au voisinage de Mokta, se trouve un autre gisement analogue, celui de *Medja-Rassoul*.

En plan, c'est une lentille, placée transversalement au milieu de calcaires, eux-mêmes intercalés dans les micaschistes grenatifères. Sa longueur est d'environ 120 mètres, sa largeur de 29 mètres. A l'intérieur, se trouvent un certain nombre de filets schisteux et quelques blocs irréguliers de calcaire intercalé.

En continuant vers l'Est de l'Algérie, dans la région limitrophe de la frontière tunisienne, on rencontre une région fortement minéralisée, mais d'un caractère tout différent de la précédente, se rapprochant, au contraire, plutôt de ce que nous avons vu, en commençant cette étude sur les minerais de fer algériens, dans la région de la Tafna. Là se trouvent un grand nombre de filons sulfurés complexes, à remplissage comprenant zinc, plomb, fer, cuivre, antimoine, mercure, etc., dont je donnerai ultérieurement, au chapitre X, une description détaillée. Ceux de ces gisements, qui se trouvaient riches en pyrite de fer, présentent, à la surface, des chapeaux d'hématite, parfois très développés et susceptibles d'une exploitation fructueuse.

C'est ainsi que l'on s'est beaucoup occupé récemment d'un grand gisement d'origine probablement filonienne, nommé le *Djebel-Ouenza* (65 kil. N. de Tebessa) : gîte qui, dans certaines parties, renferme du cuivre et a été concédé pour cuivre, mais qui, sur des étendues beaucoup plus considérables, contient des minerais de fer, sous forme de mines douces exemptes de cuivre, dont la mise en valeur est à l'étude.

Le gisement du *Djebel-Ouenza* se distingue immédiatement des précédents par ses grandes dimensions et, dès lors, par son importance industrielle possible. Les calculs, actuellement faits en vue d'une adjudication du gîte, ne parlent, en effet, de rien moins que de cent millions de tonnes de minerai de fer.

Ce gîte, encaissé dans les calcaires compacts de l'urgo-aptien, où se trouvent tant d'autres filons de la même région, qui seront étudiés au chapitre X, a été d'abord considéré comme un simple dépôt superficiel d'hématite, produit par l'altération d'un système de veines cuivreuses et concédé, en conséquence, pour fer, cuivre et métaux connexes. Des travers-bancs, faits à une profondeur de 50 mètres pour explorer ces filons de cuivre, ont, au contraire, montré la continuité de la masse

d'hématite à ce niveau et le rôle tout à fait subordonné des veines cuivreuses, la grande masse de la pyrite étant même très pure en cuivre. Il en résulte que le gîte paraît être aujourd'hui un grand chapeau de filon, composé d'hématite, dont la largeur est de 150 mètres, la longueur de 1 ou 2 kilomètres et l'épaisseur minima suivant la verticale de 50 mètres : ce qui conduit au tonnage précédent. Il reste, d'ailleurs, vraisemblable qu'à une profondeur plus ou moins grande on passera à la pyrite de fer légèrement cuivreuse, soit par l'intermédiaire de la sidérose, soit directement.

Pratiquement, cette grande masse de fer est exploitable à ciel ouvert comme une carrière et il en résulte une distinction légale avec le gîte souterrain, précédemment concédé en 1900. Bien que l'exploitation nécessite, soit la construction d'une ligne de 260 kilomètres vers Bizerte, soit la réfection totale de la ligne Bône-Guelma et le raccordement avec elle, estimés environ 16 millions, et qu'en outre l'administration demande une redevance proportionnelle d'au moins 0 fr. 60 ou 0 fr. 70 par tonne extraite, trois groupes importants sont actuellement sur les rangs pour obtenir la concession et annoncent l'intention d'exploiter à raison de un million de tonnes par an : la Société de Mokta-el-Hadid, un syndicat comprenant le Creusot et Châtillon-Commentry, avec de grands établissements anglais et allemands et un groupe marseillais, qui s'est, je crois rendu propriétaire des droits éventuels ou prétendus de l'ancien concessionnaire sur la minière.

Le gîte de *Djebel-bou-Kadra* (44 kil. N. de Tebessa) présente, avec des proportions moindres, des conditions très analogues à celles du Djebel-Ouenza. Egalement encaissé dans l'urgo-aptien, il a lui aussi, attiré l'attention, d'abord, par la présence du cuivre dans un chapeau de fer, associé avec de la barytine. Des recherches récentes ont montré, paraît-il, qu'il existait environ six millions de tonnes d'hématite, dont la concession est actuellement demandée par la Compagnie de Mokta-el-Hadid. En même temps, on a rencontré, au voisinage, un peu de calamine : ce qui me paraît en faveur du caractère de chapeau filonien sulfuré complexe, attribué plus haut à ces gisements.

Tunisie. — Enfin, si nous passons la frontière et pénétrons en Tunisie, le territoire des tribus des *Nefzas* et des *Meknas*, près de *Tabarca*, renferme d'importants gisements de fer, exploitables en grande partie à ciel ouvert, riches et purs en soufre, qui, en 1893, avaient été visités par E. Fuchs et que A. Prost a décrits dans les *Annales des Mines* de 1899[1].

[1] J'ai résumé les notes de E. Fuchs dans le *Traité des gîtes minéraux*, t. I. p. 818 à 821. — Cf. A. PROST. *Sur les minerais de fer des territoires des Meknas et des Nefzas.* (Ann. des mines, 9e, t. XV, p. 533 à 555 et pl. XVI et XVII). — *Coll. Ecole des mines*, 1935.

Ces gisements, sur lesquels 7 concessions furent instituées en 1884, ont malgré leur grand intérêt, été laissés de côté jusqu'ici, en raison d'un défaut, dont l'importance a bien diminué dans ces dernières années : la présence d'une certaine quantité d'arsenic. Actuellement, l'attention se trouve, de nouveau, reportée sur eux par suite d'un projet de chemin de fer à l'étude, qui relierait cette région au grand port de Bizerte (distant de 100 kilomètres), en suivant la vallée de l'Oued-Sedjenane.

L'historique de ces affaires est le suivant :

Dès 1881, au début de l'occupation française, la compagnie de Mokta-el-Hadid, puis le comité d'études des mines de Tabarque (auquel s'est substituée récemment la Société des minerais de fer des Nefzas) commencèrent des recherches, qui amenèrent, en 1884, l'obtention de 7 concessions (fig. 39) :

A la C[ie] Mokta-el-Hadid : *Ras-er-Radjel* (10 kil. E. de Tabarca, sur les Meknas) ; *Bou-Lanague, Djebel-Bellif* et *Ganara* (35 à 40 kil. E. de Tabarca, sur les Nefzas) ;

Au Comité d'études : *Tamera, Bourchiba et Oued-bou Zenna* (sur les Nefzas) près des concessions précédentes.

Le décret de concession imposait aux Compagnies des charges assez lourdes : chemins de fer reliant à Tabarca, ports à Tabarca et au cap Serrat, etc. La découverte de la présence de l'arsenic, insoupçonné d'abord, fit que les deux Compagnies n'exécutèrent pas ces clauses et laissèrent leurs concessions inexploitées. L'avidité, avec laquelle on recherche actuellement les minerais riches, en vue de l'épuisement prochain de Bilbao, les progrès du traitement métallurgique, qui permettent d'utiliser les minerais arsenicaux, les projets de chemin de fer signalés plus haut, rendent à la région de Tabarca tout son intérêt.

Géologiquement, ces minerais de Tabarca paraissent, sous une forme spéciale, se rattacher à l'ensemble des gisements complexes, sulfurés en profondeur, oxydés à la superficie, dont il vient d'être question à diverses reprises.

Nous verrons, plus tard[1], qu'à l'Est de la Calle, c'est-à-dire presque exactement à la frontière tunisienne et à peine à 20 kil. Ouest de Tabarca, se trouve le grand filon complexe de Kef-oum-Teboul, encaissé dans les schistes liguriens. A l'Est au contraire de Tabarca et au voisinage des gisements de fer que nous étudions, on a retrouvé, près de la concession de Ras-er-Radjel, à *Khedeira, Ali-ben-Khalifa* et dans le *Djebel-Soussa,* des indices de plomb, cuivre et zinc inexploitables au milieu des grès numidiens. Enfin, au Sud des Nefzas, des îlots de crétacé supérieur contiennent, en divers points, de la calamine (c'est-à-dire une altération superficielle de blende), que l'on

[1] Chapitre x.

exploite au *Djebel-Sidi-Ahmed* et dans le *Khanguet-Kef-Tout*. Il semble bien, malgré la localisation fréquente des minerais dans les grès numidiens, due sans doute à des causes physiques sur lesquelles je reviendrai, que tous ces gisements soient d'origine filonienne. On a même cherché un rapprochement entre eux et un pointement de trachyte à mica noir (rhyolite vitreux de M. Aubert), qui recoupe l'éocène : ce qui est beaucoup plus douteux.

Si nous entrons dans le détail, nous voyons que les gisements de la région de Tabarca se présentent en lentilles très irrégulières et très discontinues, mais d'apparence générale interstratifiée, au-dessous des grès, dits numidiens, de l'éocène supérieur et au-dessus d'un système marneux, avec lamelles de gypse, rattaché au même étage, quoique sans fossiles. Le mur immédiat du minerai est, le plus souvent, formé d'une argile blanche ou bleuâtre, lamelleuse, qui, par son imperméabilité, a dû imprimer leur direction aux eaux minéralisantes ou métamorphisantes. En admettant qu'il existe réellement un gîte pyriteux, ou même un gîte de mispickel, en profondeur, comme le ferait supposer la présence de l'arsenic, les remises en mouvement notables, que le fer a certainement subis, ont pu être localisées par ce niveau d'argile.

Au-dessus, se développe, par places (Bou-Lanague, Djebel-Bellif, Ganara, etc.) un conglomérat à gros éléments calcaires, reliés par un ciment ferrugineux. Le minerai de fer, par suite de sa résistance aux agents atmosphériques, beaucoup plus grande que celle des terrains encaissants, est généralement resté en saillie : ce qui lui donne, au sommet des collines, un aspect de blocs ruiniformes, qui avait beaucoup attiré l'attention des premiers explorateurs. Ces blocs, éboulés et éparpillés sur les pentes des coteaux, contribuent à rendre difficile la détermination exacte des affleurements.

Ainsi le gîte de *Ras-er-Radjel* paraît former une lentille entre l'argile blanche et des grès : lentille affleurant, sur 700 mètres de long, avec des épaisseurs extrêmement variables depuis 5 ou 6 mètres à l'Est jusqu'à 15 ou 20 dans l'Ouest ; son cube a été estimé à 1.200 000 tonnes exploitables à ciel ouvert, plus 600 000 à prendre souterrainement.

A *Tamera*, le minerai de fer forme une couche de 1,50 m. en moyenne, reposant sur l'argile blanche et couvrant un grand plateau ondulé d'environ 100 mètres de long sur 300 à 400 mètres de large : cube approximatif, 1 600 000 tonnes.

A l'*Oued-bou-Zenna*, on a une suite de lentilles, dont l'une présente 6 mètres d'oligiste micacé.

Au *Djebel-Bellif*, le minerai (évalué à 600 000 tonnes) repose sur des argiles blanches un peu pyriteuses, tantôt en une seule couche de 4 mètres, ailleurs en trois couches de 2 mètres à 2 50 chacune.

A *Bou-Lanague*, un gisement, presque vertical, repose, soit sur des argiles grises, soit sur des grès ou sur des poudingues.

Fig. 39. — Plan des concessions de fer des Nefzas, d'après M. Prost.
Échelle au 1/88.888

D'après les analyses, ces minerais sont, en général, des hématites siliceuses, partiellement hydratées, dont la teneur en fer et manganèse,

après un triage convenable, se tient facilement au-dessus de 55 p. 100. Les oligistes de l'Oued-bou-Zenna ont une teneur supérieure. Quelques parties sont fortement manganésifères, surtout à Ras-er-Radjel. L'absence de soufre et de phosphore rend ces minerais comparables à ceux de Bilbao ou de Mokta. Par contre, la teneur en arsenic varie, depuis des traces, jusqu'à 0,31 p. 100 dans un échantillon exceptionnel. Une moyenne de dix échantillons, prélevés par le service des Mines dans des quartiers divers, a donné 0,07 p. 100. On observe, également, parfois des traces d'antimoine et de cuivre.

Il existe, en Tunisie, un autre gisement de fer intéressant; c'est celui du *Djebel-Zrissa*, à mi-chemin entre le Kef et Thala : gisement qui contient au moins deux millions de tonnes d'hématite rouge et d'hématite brune, parfois très fortement manganésifères. Ce gisement, actuellement inexploitable à cause de son éloignement de la côte, mais que la ligne de Pont-du-Fahs à Kalaat-es-Senam va mettre à 200 kilomètres de chemin de fer de Tunis, se compose, comme nous le verrons au chapitre X, d'un amas lenticulaire sur un dôme de calcaire urgo-aptien; des veines de galène et calamine se trouvent au voisinage et il ne serait pas étonnant qu'on eût en profondeur une surprise analogue à celle du Djebel-Ouenza, c'est-à-dire que le gîte, au lieu d'être simplement superficiel, pourrait bien avoir une racine filonienne.

4° Aux **Iles du Cap Vert**, je mentionnerai encore une formation ferrugineuse d'une tout autre nature que les précédentes. C'est un fer titané, emprunté aux roches volcaniques désagrégées, qui constitue, paraît-il, un sable noir très abondant sur les plages.

CHAPITRE V

LES DIAMANTS DU CAP (DE BEERS, JAGERSFONTEIN, ETC.)[1]

Les mines de diamants du Cap constituent, comme les mines d'or du Transvaal, une richesse exceptionnelle, du plus haut intérêt théorique et pratique, et qui mérite une description très détaillée. Cette description, je la leur ai consacrée dans un ouvrage récent, auquel je ne puis que renvoyer[2]. On trouvera ici seulement un résumé de la question.

La mise en valeur des gisements diamantifères du Cap, dont je n'ai pas à raconter, en ce moment, les épisodes romanesques, remonte seulement à 1870. Auparavant, les diamants utilisés dans la joaillerie étaient venus : d'abord, de l'Inde; puis, après 1723, du Brésil. Actuellement, on sait que ces deux antiques centres de production sont tombés à peu près à zéro et que l'Afrique du Sud a le monopole du commerce du diamant dans le monde. Par un fait qui n'a guère d'analogue dans l'exploitation des richesses minérales, toute la production des diamants se trouve, à part quelques exceptions infimes et plutôt destinées à disparaître qu'à s'accroître, concentrée entre les mains d'une seule Société,

[1] Je note, à titre de simple curiosité, comme autre gisement de diamants africains, le prétendu diamant d'Algérie, présenté par Dufrénoy à la Société géologique (1883, IV, 164) et dont M. Lacroix a raconté l'histoire (*Minéralogie de la France*, t. II, p. 354).

[2] 1897. L. De Launay. *Les Diamants du Cap*, 1 vol. de 226 p. in-8° chez Baudry. — Voir, en outre, comme publications récentes : — 1893. Stelzner. *Die Diamant gruben von Kimberley* (Sitzungsber. der Isis), Dresde. — 1897. T. G. Bonney. *The Parentrock of the Diamond in South Africa*, (R. Soc. Proc., LXV, p. 223-236). — 1897. Georg. Göbich, *Zur Theorie der Diamant lagerstätten in Süd Afrika* (Zeits. für praktische Geologie, 1897, p. 145). — 1898. Lacroix. *Sur les minéraux et les roches du gisement diamantifère de Monastery* (*Orange*) *et sur ceux du Griqualand* (Bul. Soc. Min., t. XXI, 1er janvier 1898). — 1898. Beck. *Die Diamantenlagerstätte von Newland in Griqualand West* (Zeits. f. prakt. Geol., 1898, p. 163). — 1898. Molengraaff. *Diamonds at Rietfontein* (Trans. of the geol. Soc. of South Africa, t. III, p. 122). — 1899. Hobbs. *Les champs diamantifères des grands lacs d'Amérique* (Journal of Geology, Chicago, mai 1899). — *Zeitschrift fur praktische Geologie*, 1894, p. 75, 153; 1897, p. 145; 1898, p. 117; 1900, p. 187. — 1899. R. Beck. *Neues von den Afrikanischen Diamantlagerstätten* (Zeits. f. prakt. Geol., 416 à 419). — Oct. 1901. L. De Launay. Article Diamant dans le dictionnaire de l'industrie Lamy, 2e supplément. — 1902, Gardner F. Williams. *The Diamond mines of South Africa.* Some account of their rise and development.

la de Beers, dont les mines se trouvent autour de la ville de Kimberley. En dehors de cette Société, une seule mine de diamants a une réelle importance, celle de Jagersfontein, dans l'État d'Orange, dont les diamants sont d'une qualité supérieure et qui est, pratiquement, rattachée par des liens très intimes à la première. Je terminerai, tout à l'heure, par quelques indications sur l'extraction, le commerce et la production des diamants ; je vais d'abord résumer ce qui est relatif à leurs gisements et ce que l'on peut dire au sujet de leur origine.

Géologie des gisements. — La région, où se trouvent toutes les mines de diamants importantes de l'Afrique du Sud, est comprise dans une partie restreinte du Griqualand-West et de l'État d'Orange.

Les terrains, qui constituent cette région, appartiennent aux formations permo-triasiques, désignées sous le nom de *Karoo*, c'est-à-dire qu'ils se composent de couches horizontales de schistes, grès et quartzites, avec intercalations de roches éruptives interstratifiées, telles que porphyrites augitiques, diabases ophitiques, etc.

Sans revenir sur la géologie générale de ce pays, on sait, et j'ai eu l'occasion de rappeler ici à diverses reprises, que son trait le plus caractéristique est la superposition de ces couches horizontales du Karoo, — anciens sédiments lacustres, déposés à la suite d'une émersion du continent Sud-Africain datant de la fin du carbonifère, — au-dessus de terrains primaires plissés et corrodés, auxquels on rattache, notamment, les conglomérats aurifères du Transvaal.

Dans la région diamantifère, ce soubassement primaire n'apparaît pas à la surface ; mais il doit probablement exister en profondeur, avec les roches cristallines, granite ou gneiss, auxquelles il est lui-même superposé, et nous verrons plus loin que, d'après divers indices, l'on peut, dans les mines de diamants, se trouver avoir à compter très prochainement avec ces dernières roches granitiques.

Au milieu de ces terrains horizontaux du Karoo, se présentent, entre Kimberley et Jagersfontein, un certain nombre de pointements circulaires ou elliptiques, de 100 à 600 mètres de diamètre, correspondant chacun à une colonne éruptive cylindrique, qui s'enfonce verticalement dans le sol au-dessous d'eux. Ces colonnes, qui recoupent les terrains du Karoo en quelque sorte à l'emporte-pièce, en les redressant légèrement au contact[1], sont remplies par une roche d'un vert ou d'un bleu noirâtre, bréchiforme, très altérée à la surface, et pleine de fragments hétérogènes empruntés aux terrains du voisinage, qui paraît être une brèche péridotique, avec magnétite très abondante, dérivant très probablement, par un métamorphisme à la fois dynamique et chimique,

[1] On a beaucoup discuté sur l'origine de ces perforations, que M. Daubrée a expliquées et cru reproduire en petit par des explosions de gaz.

d'une roche plus profonde de la famille des péridotites ; on lui a donné le nom de kimberlite.

C'est dans les colonnes, ou cheminées éruptives, de cette brèche péridotique, — appelée le *blue ground* (roche bleue), ou, à la surface, le *yellow ground* (roche jaune) — et là uniquement, que se trouvent les diamants ; les terrains du Karoo, recoupés par les éruptions, n'en renferment pas la moindre trace ; on peut même ajouter, de suite, que, contrairement à des idées préconçues souvent émises au début des exploitations, la nature de ces terrains n'a aucune influence, ni sur la quantité, ni sur la qualité des diamants : les diamants sont incontestablement venus de la profondeur avec la brèche péridotique et les terrains du Karoo ont seulement joué le rôle d'un récipient cylindrique absolument inerte, entre les parois duquel cette roche diamantifère s'est solidifiée [1].

Les pointements de cette brèche péridotique, petits ou grands, sont assez nombreux dans le pays et, naturellement, ont été explorés avec soin ; ils sont très loin de contenir tous des diamants et, même dans ceux où il s'en présente, on a tous les passages et toutes les teneurs, depuis le cas où le diamant n'existe que comme échantillon minéralogique, ou à l'état microscopique, jusqu'à celui de gisements riches comme ceux de Kimberley [2].

Les véritables cheminées diamantifères, reconnues jusqu'ici, se trouvent sur une ligne de 200 kilomètres de long, dirigée environ N. 30° O., et allant du Hart-River (Griqualand-West), à Fauresmith et Jagersfontein (État d'Orange).

M. Moulle, en 1885, en énumérait un grand nombre du N.-O. au S.-E. (fig. 40) [3] :

[1] La découverte récente de cheminées diamantifères semblables, non plus dans le Karoo, mais dans les terrains primaires à l'Est de Prétoria, vient encore d'en apporter une preuve nouvelle.

[2] En outre des diamants d'une taille suffisante pour être industriellement utilisés, diamants dont le plus volumineux, recueilli jusqu'ici (à Jagersfontein), pesait 971 carats (199 grammes), la terre bleue du Cap contient, comme il était tout naturel de s'y attendre, des diamants plus petits, descendant à des dimensions microscopiques, que M. Moissan a isolés par un traitement à l'acide sulfurique bouillant, à l'eau régale et à l'acide fluorhydrique et qu'il a étudiés. Il a constaté ainsi la présence, dans cette terre, de graphite en beaux cristaux brillants, hexagonaux ou lamelleux, présentant parfois l'apparence de petites cupules; avec des morceaux de diamant noir, ou carbon, arrondis et des diamants microscopiques, dont les plus petits sont à peine visibles au microscope avec un grossissement de 500 diamètres.

La même association du graphite et du diamant noir avec le diamant transparent a été reconnue également dans des sables diamantifères du Brésil.

[3] La figure 40 montre aussi, sur le Vaal, les principales mines de rivières, sur lesquelles on a fait autrefois quelques travaux et du côté desquelles il peut encore se produire des découvertes intéressantes dans l'avenir : 1, Hebron ; 2, Diamondia ; 3, New Hebron ; 4, Pniel ; 5, Good Hope ; 6, Victoria ; 7, Gonggong ; 8, New Rush ; 9, Delport's Hope ; 10, Cadwood's Hope ; 11, Bad Hope ; 12, Waldeck's-Plan ; 13, Newkerque.

1, Newland's Kopye (sur le Hart-River)[1] ; 2, Radloff's Kopye ; puis le groupe des exploitations de Kimberley, comprenant : 3, Otto's Kopye ; 4, Kamfers Dam ; 5, Taylor's Kopye ; 6, Doyl's Kopye ; 7, Sainte-Augustine ; 8, Kimberley mine ; 9, de Beers ; 10, Dutoitspan ; 11, à une petite

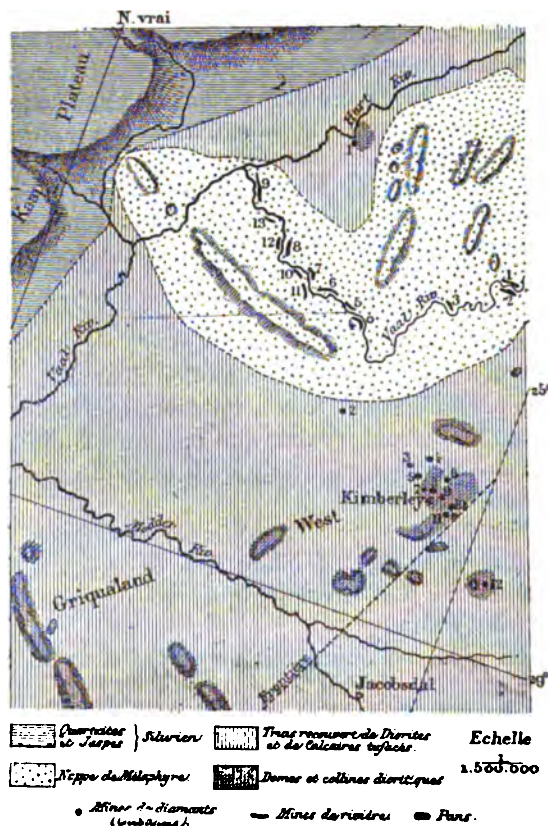


Fig. 40. — Carte des gisements diamantifères de l'Afrique Australe, d'après M. MOULLE.

(Les roches, qualifiées mélaphyres et diorites par M. Moulle, sont aujourd'hui dénommées diabases et porphyrites augitiques.)

distance, Bultfontein ; puis, dans l'État d'Orange ; 12, Olifants Kopye, et, en continuant vers le sud, Coffeefontein (ou Koffyfontein), Klipfontein (près Fauresmith), Jagersfontein, Vogelsfontein. Les seules exploi-

[1] Ces cheminées diamantifères sont désignées, sur la figure 40, par les mêmes numéros que les mines de rivière plus au Nord, le long du Vaal ; il ne faut pas les confondre avec elles.

tées étaient alors ***Kimberley, de Beers, Dutoitspan, Bultfontein, Jagersfontein*** (qui sont toujours restées les principales) et, sur une moindre

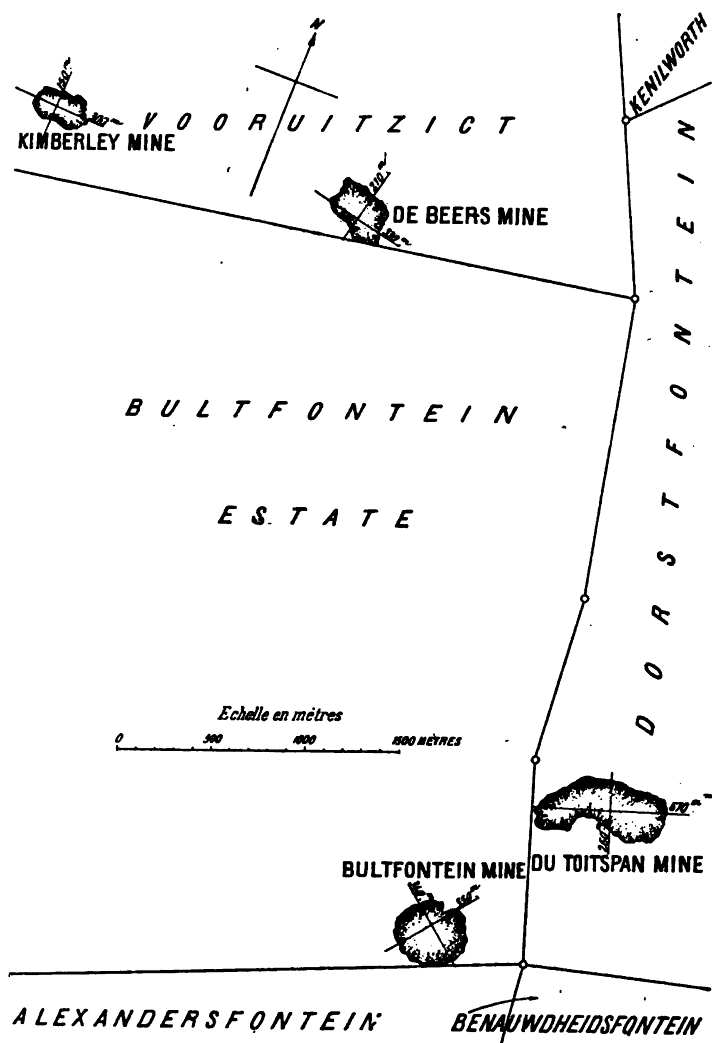


Fig. 41. — Plan montrant la disposition réciproque des quatre mines principales de la de Beers C° et l'étendue des excavations à ciel ouvert faites sur chacune d'elles en 1890.

échelle, ***Koffyfontein.*** Ultérieurement, on a encore, parmi ces anciennes mines, travaillé un peu celles de ***Kamfers Dam*** et ***Sainte-Augustine.***

Depuis cette époque, les découvertes nouvelles de valeur réelle ont

été fort peu nombreuses : près des alluvions du Vaal, on a trouvé récemment la *Barcley-West mine;* à Kimberley, l'importante mine de *Wesselton* a été reconnue vers 1890 ; dans le Kaal-Valley District (État d'Orange), près de Kronstadt, on a lancé, vers 1895, la mine *Robinson,*

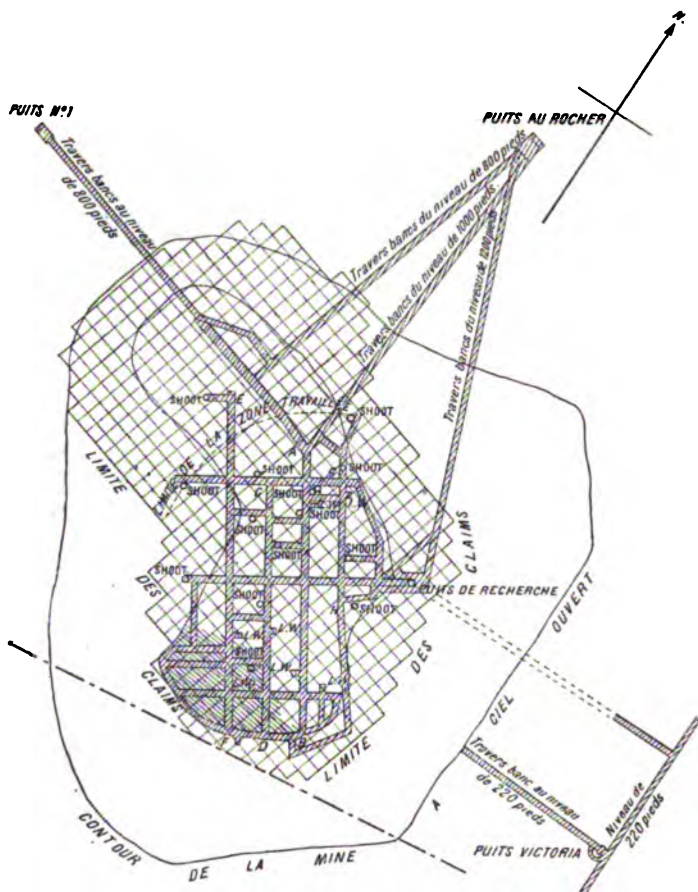


Fig. 42. — Plan de la mine de Beers au niveau de 1.000 pieds (juin 1896). Échelle au 1/5120.

absolument en dehors et à près de 200 kilomètres à l'Est de l'alignement précédent; on s'est occupé également de quelques entreprises plus ou moins sérieuses, telles que la *Leicester mine*, etc. Au Transvaal même, à l'Est de Prétoria, on a signalé des cheminées diamantifères. Mais tout cela, sauf Wesselton, est sans grand intérêt pratique.

En général, et comme il est aisé de s'y attendre, la teneur et la qualité des diamants sont très variables d'une mine à l'autre et même,

dans une mine déterminée, d'une portion à l'autre de la cheminée éruptive[1]; par contre, ces mêmes éléments semblent présenter une constance, (qu'il ne faudrait pourtant pas exagérer), sur une colonne verticale déterminée : il est évident que les plus légères variations dans les conditions qui ont présidé à la formation du diamant en profondeur ont eu une influence essentielle sur sa cristallisation et que ces conditions, à peu près constantes en un point donné ou pour une venue

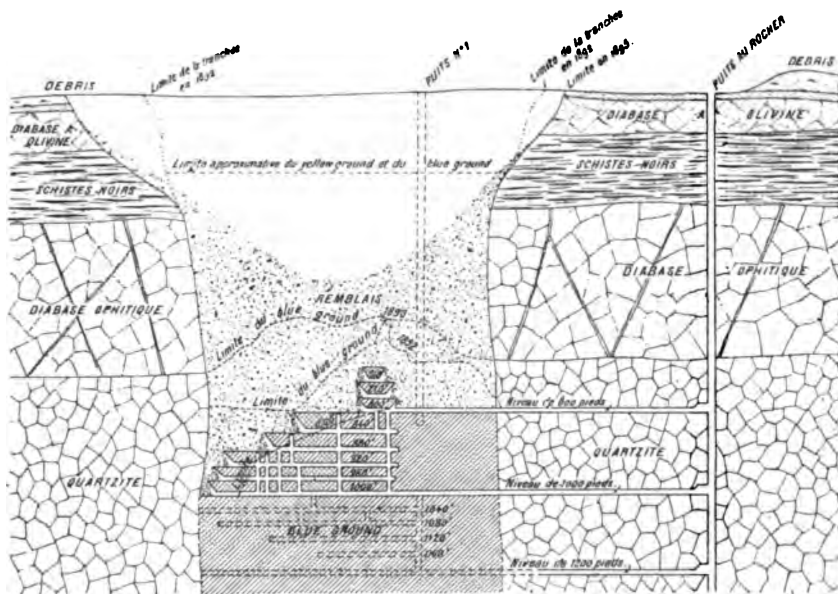


Fig. 43. — Coupe Nord-Sud de la mine de Beers (juin 1895). Travaux complétés en traits interrompus jusqu'en juin 1896.
Échelle au 1/5120.

unique, se sont très notablement modifiées avec les points ou avec le temps.

Entrons maintenant dans quelques détails sur la disposition des principales cheminées diamantifères, qui se trouvent autour de la ville de Kimberley : à savoir celles de *Kimberley, de Beers*, *Dutoitspan* et *Bultfontein*. La carte ci-jointe (fig. 41) montre la situation réciproque de ces quatre grandes mines et permet de juger, en même temps, de la forme

[1] Ainsi les diamants de Bultfontein formaient, presque toujours, de petits octaèdres, souvent tachés; ceux de Dutoitspan étaient plus gros, souvent teintés, rarement tachés; ceux de Kimberley et de Beers ont un éclat plus métallique; à Kimberley, l'ouest et le nord-est sont caractérisés par des octaèdres bruns enfumés; le nord par du boort, le sud et le centre par la quantité des fragments.
Le centre paraît toujours plus riche que la périphérie.

de leur affleurement. Des plans et coupes ci-joints (fig. 42 à 44) achèvent d'éclaircir leur allure.

Les superficies sont les suivantes :

De Beers : 7,48 hectares (210 mètres sur 330 mètres) ; Kimberley : 12,4 hectares (150 mètres sur 300 mètres) ; Dutoitspan : 14,25 hectares (260 mètres sur 670 mètres) ; Bultfontein : 10,90 hectares (cercle de 345 mètres de diamètre).

Les terrains recoupés par la venue éruptive sont de haut en bas :

Terrains superficiels et terre rouge.	10 mètres.
Diabase labradorique à olivine, ou Ophite à labrador et à olivine	17 à 21 —
Schistes noirs.	71 à 83 —
Conglomérat	environ 3,50 —
Diabase ophitique (hard rock).	132 à 135 mètres.
Quartzite.	plus de 200 —
	452 mètres.

Ce sont ces diverses couches qui, perforées verticalement, ont donné passage aux éruptions de la brèche diamantifère.

Ces perforations se présentent parfois comme de véritables cylindres de révolution, dont le meilleur type est à Bultfontein ; mais, presque partout, leur section horizontale est plus compliquée, et quoique les parois soient, le plus souvent, très verticales, il peut se présenter, en profondeur, des élargissements ou des rétrécissements, transformant le pointement circulaire en un dyke plus ou moins allongé, ou même en un véritable filon.

A la mine de Kimberley, notamment, il semble bien (fig. 44) que, dans les derniers niveaux atteints, les parois de la cheminée vont en se rapprochant l'une de l'autre dans le sens Nord-Sud, de manière à transformer le cercle en une ellipse de plus en plus étroite, qui s'allonge, sans doute, suivant la direction de la fracture primitive. Et (probablement, par une simple coïncidence) on a observé, en même temps, une diminution sensible dans la teneur, tandis que celle-ci s'accroît, au contraire, légèrement dans les niveaux les plus profonds de la de Beers.

Par contre, à la de Beers, à 400 mètres de profondeur, la cheminée diamantifère reste toujours absolument cylindrique.

Dans les cheminées diamantifères de Kimberley, l'action perforatrice a eu une intensité des plus remarquables et les signes en sont manifestes. Les parois des terrains recoupés sont tranchées net, et, parfois même (au Nord de Kimberley) il a subsisté un certain intervalle entre la paroi et la roche encaissante : intervalle rempli d'éboulis, ou contenant des druses de carbonate de chaux, avec poches de gaz explosif ; mais, le plus souvent, soit la montée de la roche éruptive, avec tous les fragments durs et hétérogènes qui y sont englobés, soit encore le

phénomène explosif lui-même, y a tracé une série de stries, tout à fait comparables aux stries glaciaires (produites elles-mêmes, dans des conditions quelque peu comparables, par les blocs rocheux du fond, sous la pression énorme de la glace).

Nous arrivons enfin à la description de la roche diamantifère elle-même, qui est d'une nature toute particulière et dont l'étude détaillée conduit à des résultats fort curieux.

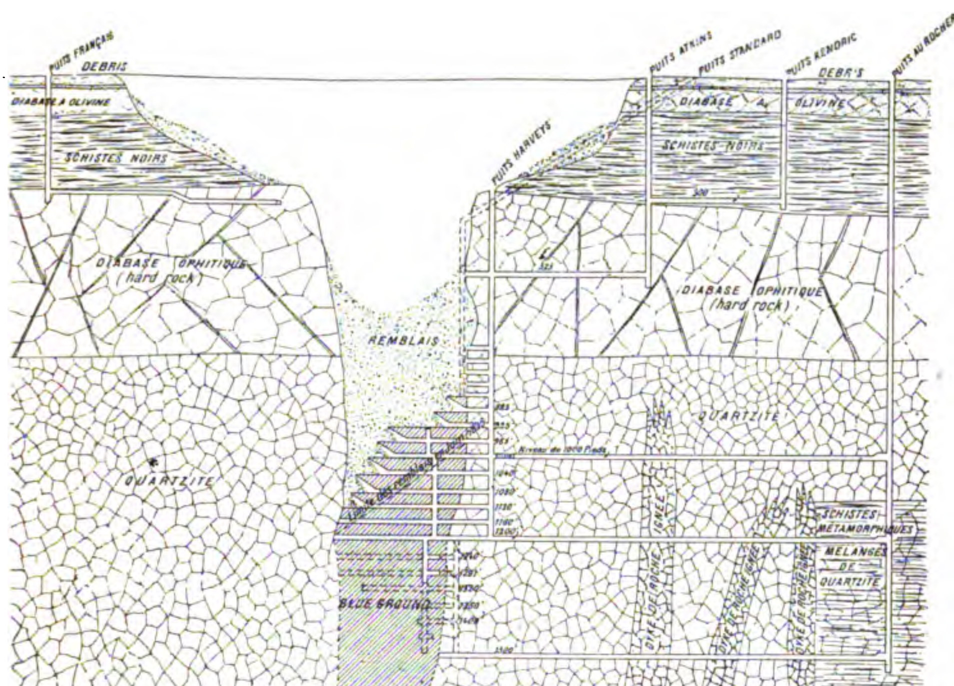


Fig. 44. — Coupe Nord-Sud de la mine de Kimberley au 30 juin 1895. Complétée en traits interrompus jusqu'en 1896.

Échelle au 1/5120

Au-dessous du niveau d'altération superficielle, où elle a été oxydée et jaunie (*yellow ground*), cette roche, quand on peut l'observer sous sa forme de profondeur et telle qu'elle a dû se consolider dès l'origine, se présente à l'état d'une pâte vert bleuâtre ou noirâtre (*blue ground*), contenant de très nombreux cristaux de péridot, d'enstatite, de grenat, un peu de mica noir et des fragments de toutes sortes d'autres roches, schistes, quartzites, diabases, porphyrites, granites, granulites, etc. (*floating reefs*), qui, surtout dans les parties hautes du gisement, lui donnaient un aspect tout à fait hétérogène, et, joints à sa très facile

décomposition à l'air[1], ont contribué à inspirer autrefois cette idée inexacte qu'il n'y avait là qu'une sorte de boue solidifiée, d'origine superficielle. En laissant de côté ces débris étrangers, dont il est beaucoup plus facile qu'on ne l'a dit de faire abstraction, on constate que l'on a affaire, en réalité, à une roche bien définie, dont le caractère profondément basique est hors de doute, et qui semble résulter très nettement de la scorification interne d'un bain de fonte magnésienne, suivie d'un déplacement vertical des cristaux ainsi formés, entraînés dans un excès de vapeur d'eau.

Cette roche, qui est presque entièrement serpentinisée, présente, en effet : d'une part, une pâte chargée de produits d'altération (hématite, limonite, opale, serpentine, plus rarement calcite), et absolument criblée de cristaux de magnétite ; d'autre part, de grands cristaux d'olivine, généralement serpentinisés ou transformés en limonite[2].

Les diamants sont répartis dans cette roche avec une régularité relative, qui est vraiment curieuse, étant donné le caractère pourtant adventif de ce minéral, disséminé dans une sorte de scorie.

La moyenne par load, c'est-à-dire par wagonnet représentant environ 0,432 m³. de minerai abattu ou 0,288 m³ de minerai en place, a été, année par année, la suivante, aux mines de Kimberley et de Beers (en carats de 0,2059 gr.).

	Carat.		Fr.	
1888-89	1,28	valant	24,40	par carat.
1889-90	1,15	—	40,65	—
1890-91	0,99	—	36,85	—
1891-92	0,92	—	31,85	—
1892-93	1,05	—	36,25	—
1893-94	0,89	—	30,50	—
1894-95	0,85	—	31,85	—
1895-96	0,91	—	34,35	—
1896-97	0,92	—	34,50	—
1897-98	0,86	—	33,10	—
1898-99	0,71	—	37	—
1899-00	0,67	—	44,75	—
1900-01	?	—	50	—
1901-02	?	—	62,50	—

La diminution progressive de teneur, qui résulte de ce tableau, tient, en grande partie, à ce que l'on utilise, de plus en plus, des parties pauvres du minerai, d'abord rejetées. L'accroissement énorme et sans doute momentané du prix des diamants en 1902 est attribuable à

[1] La roche se désagrège très vite à l'humidité, en laissant seulement des fragments plus résistants, les *lumps*, à peu près de même composition. On utilise cette propriété dans le traitement.

[2] Le péridot est fréquemment rubéfié par transformation en un silicate ferrugineux hydraté brun rouge.

l'épuisement des stocks par suite de l'arrêt des exploitations pendant le siège de Kimberley.

En moyenne, on voit qu'il faut remuer 2,5 m³ de roche abattue (1,5 m.³ de roche en place) pour trouver un gramme de diamant.

Le mode de formation de ces roches éruptives diamantifères s'est trouvé très éclairci, dans ces dernières années, par les belles expériences synthétiques de M. Moissan, reproduisant le diamant au moyen d'un bain de fonte surcarburé, refroidi brusquement dans un creuset, où sa tendance à la dilatation amenait une compression violente. Les conclusions qu'on en pouvait déduire ont été confirmées par la découverte de diamants dans des météorites, des fers natifs naturels et même dans des aciers d'usines. La théorie très vraisemblable, qui en résulte et que je me borne à énoncer ici sans la discuter[1], est la suivante :

Il a dû exister, à une époque mal déterminée, mais postérieure au trias, sous la portion de l'Afrique Australe, où sont aujourd'hui les mines de diamants, un bain métallique interne plus ou moins profond, mais infragranitique, composé essentiellement de fonte magnésienne surcarburée, qui a successivement produit les diverses coulées de roches diabasiques, intercalées dans les terrains du Karoo, et, enfin, les roches diamantifères, représentant un terme extrême de basicité.

Dans ce dernier cas, un phénomène éruptif, analogue à ceux qui ont perforé ailleurs les cratères volcaniques et qu'il semble assez logique d'attribuer à une explosion de gaz hydrocarburés (peut-être provoquée par l'introduction d'une masse d'eau superficielle jusqu'à ce bain fondu, après une dislocation du sol), a ouvert, le long de fissures préexistantes, des vides cylindriques, où s'est élevée, postérieurement, la roche basique diamantifère, produite elle-même par la scorification du bain fondu. Cette roche a amené au jour des diamants, formés par la cristallisation en profondeur et sous pression du carbone de la fonte, qui, d'autre part, en se combinant avec l'hydrogène de l'eau superficielle, a pu lui même déterminer l'explosion d'hydrocarbures, par laquelle se sont ouvertes les cheminées, Et l'on peut même se demander si la pression nécessaire à la cristallisation du carbone en diamant n'aurait pas, comme dans les expériences de M. Moissan, été produite par la solidification brusque d'une partie de cette fonte magnésienne qui e contenait, en présence d'une introduction soudaine de masses d'eau.

Cette partie solidifiée aurait alors subi une sorte de pulvérisation, puis une ascension rapide, dans laquelle la roche aurait pris son allure bréchiforme actuelle.

Le carbone aurait donc cristallisé dans ces conditions de magma

[1] Voir, pour cette discussion : *les Diamants du Cap*, p. 214 à 223.

basique et péridotique, où nous sommes habitués à trouver le platine, l'or, le fer chromé, la magnétite et, accessoirement, la chalcopyrite ou la pyrrhotine nickelifère.

Ce serait un gisement de profondeur de plus à ajouter à tous ceux que nous rencontrons dans cette description des richesses minérales africaines, quoique très différent des autres par ses caractères.

Résultats économiques. — Industriellement, j'ai déjà dit que toute la production diamantifère du monde était concentrée entre les mains d'une seule Société (la de Beers), qui, pour éviter la surproduction, a fermé toutes ses mines, à l'exception de deux, la Kimberley et la de Beers.

Ces mines sont aujourd'hui exploitées souterrainement, avec remblayage progressif, comme pourraient l'être des mines de houille et, à Kimberley, on a atteint 500 mètres de profondeur. Les roches extraites sont soumises à une désagrégation à l'air sur des terrains, nommés *floors*, puis à un broyage et à une préparation mécanique, qui ont pour effet d'en isoler et d'en concentrer progressivement les diamants.

En résumé, les frais par carat de diamant trouvé sont montés aux chiffres suivants :

1896-97	1897-98	1898-99	1899-1900
9 fr. 18	8 fr. 24	8 fr. 27	9 fr. 37

Toute la production de diamants est achetée, à un prix fixé d'avance, par un syndicat. On a vu plus haut les prix de vente pour la Compagnie de Beers. A la mine Jagersfontein, où la qualité est supérieure, ces prix sont un peu plus élevés. Ainsi, en 1900, le carat moyen, valant 44 fr. 75 à la de Beers, valait 50 fr. 90 à Jagersfontein.

Le nombre de carats produits par la de Beers depuis 1889 a été le suivant (en milliers de carats) :

1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901
1 450	2 030	3 035	2 229	2 308	2 435	2 363	2 769	2 792	2 841	1 220	2 300

Au 30 juin 1901, l'Afrique du Sud avait produit environ 69 millions de carats de diamants (14 tonnes), qui ont été vendus brut et sur place 2 milliards 160 millions.

La production annuelle de la de Beers dépasse, actuellement, une valeur de 100 millions : 105 millions en 1899, 54 en 1900 (année du siège de Kimberley), 115 en 1901. Le nombre des ouvriers employés est de 1 500 blancs et 6 700 noirs en moyenne.

A la mine Jagersfontein, la teneur moyenne a été : en 1895, de 11,38 carats aux 100 loads, valant 38 fr. 85 le carat ; en 1896, de 11,63 valant 45 fr. 60 le carat.

En dehors des grandes mines que je viens de décrire, on annonce, périodiquement, la découverte, dans l'Afrique du Sud, de quelque cheminée diamantifère nouvelle, donnant lieu au lancement d'une Société, qui fait rarement parler d'elle plus longtemps qu'il n'est nécessaire pour placer ses actions. Il est certain que des roches éruptives analogues à la Kimberlite et contenant, comme elle, quelques diamants, sont nombreuses en Afrique du Sud; mais aucune ne paraît, jusqu'ici, fructueusement exploitable. Je ne parlerai donc pas de ces météores éphémères[1], dont les plus récents sont la *Frank Smith*, l'*Elandsdrift*, la *Lace Diamond*, etc.; mais quelques petits gisements, reconnus au Transvaal, ont donné lieu à une constatation géologique intéressante, qui, sans présenter rien d'imprévu, confirme la théorie développée plus haut sur l'origine profonde du diamant; j'en dirai, à cause de cela, quelques mots.

Ces gisements, décrits par M. Molengraaff[2], ont été trouvés : l'un, en 1897, à *Rietfontein*, (27 kil. Est de Pretoria) ; les autres à *Kaalfontein*, dans le voisinage, à *Elandshoek* et *Franspoort*. Ils sont constitués par de véritables cheminées de péridodite diamantifères, qui, ici, est non pas intercalée dans les terrains du Karoo, mais encaissée dans les couches plus anciennes de la série de Prétoria. Cela achève donc de démontrer que le diamant n'a pas été emprunté à des combustibles du Karoo recristallisés, comme on l'avait parfois soutenu, mais vient réellement des scories basiques internes.

Dans toutes ces petites mines, même celles qui ont le plus attiré l'attention, la teneur n'atteint pas 10 carats aux 100 loads, contre près de 100 carats dans le même volume de minerais à la de Beers. A la *Koffyfontein*, elle est à peine de 4 à 5 carats, à la *Driekopjes* de 3,73, à la *Barcley West* de 5 à 6 carats. La *Franksmith*, dont la teneur, d'après les prospectus d'émission eux-mêmes, ne dépasse pas 6 carats, prétend compenser cette faible teneur par une qualité de diamants supérieure à celle de toutes les autres mines.

[1] On trouvera, dans mon ouvrage sur les *Diamants du Cap*, pages 62 à 70 la description des mines qui existaient en 1897.

[2] *Diamonds at Rietfontein* (Trans. of the geol. Soc. of South Africa, t. III, p. 122, 1898).

CHAPITRE VI

LES PHOSPHATES DU NORD DE L'AFRIQUE

Tocqueville. — Souk-Arrhas[1]. — Tébessa. — Gafsa. — Kalaat-es-Senam, etc.

La question des phosphates présente, pour tout le Nord de l'Afrique, une importance considérable. Cette substance précieuse et de plus en plus demandée par l'industrie agricole semble, en effet, constituer, du Maroc à l'Égypte, une longue traînée plus ou moins continue, dont quelques points seulement, par suite de circonstances particulièrement favorables, ont pu être utilisés jusqu'ici, mais dont beaucoup d'autres sont appelés à l'être à mesure que les moyens de communication se créeront[2].

[1] On trouve, suivant les cartes, les orthographes les plus variables : Soukahras. Soukarhas, Souk-Arrhas, etc... C'est une observation qu'on est obligé de faire pour la plupart des noms algériens. Citons seulement ici Kalaat-es-Senam ou Guelaat-es-Snam.

[2] Voir, sur cette question des phosphates africains (et sur celle des phosphates sénoniens du Nord de la France, qui présente avec elle quelques rapports), — outre les ouvrages cités dans mon *Traité des gîtes minéraux et métallifères*, t. I, p. 403, et la bibliographie insérée dans le Bulletin de la Société Géologique, à l'occasion de la réunion d'Algérie en 1896 —, les mémoires suivants : 1885. Ph. Thomas. *Sur la découverte des gisements de phosphates de chaux dans le Sud de la Tunisie* (C. R. Ac. des Sc., 7 déc. 1885 et 9 mai 1887). — 1888. J. Ortlieb. *Quelques mots sur les roches phosphatées et sur les boues geysériennes de l'Algérie* (Bull. Soc. belge géol. Bruxelles. 1888, p. 153-156). — 1888. Pomel. *Le suessonien à Nummulites et à phosphates des environs de Souk-Ahras* (Ass. française, Congrès d'Oran). — 1890. E. Ficheur. *Description géologique de la Kabylie du Djurdjura* (thèse de doctorat, Alger). — 1891. Bleicher. *Sur la structure microscopique des roches phosphatées du Dekma* (*Constantine*) (C. R. Ac. Sc. 1892, p. 1 022). — 1891. Thomas. *Gisements de phosphate de chaux des hauts plateaux de la Tunisie* (B. S. G. F., 3e, t. XIX, p. 374). — 1891. Pomel et Ficheur. *Les formations éocènes de l'Algérie* (C. R. Ac. Sc., t. CXIII, p. 26). — 1891. De Mercey. *Sur les gîtes de phosphate de chaux de la Picardie* (B. S. G. F., 3e, t. XIX, p. 854). — 1892. Munier Chalmas. *Origine des phosphates de la Somme* (B. S. G. F., 21 mars 1892). — 1890-1893. Lasne. *Terrains phosphatés des environs de Doullens* (B. S. G. F., 3e, t. XVIII, p. 227 et t. XX, p. 211). — J. Benard. *Les phosphates d'Algérie et de Tunisie* (Meaux. Le Blondel, in-8e, 24 p.). — 1894. A. Gautier. *Sur un gisement de phosphates de chaux et d'alumine contenant des espèces rares ou nouvelles et sur la genèse des phosphates et nitres naturels* (Ann. d. M., IXe, t. V. p. 5 à 54). — 1894. Blayac. I. *Description géol. de la région des phosphates du Dyr et du*

La mise en valeur de ces gisements phosphatés est récente et encore incomplète.

En 1873, M. Thomas avait constaté l'existence, dans la région Sud du Tell de la province d'Alger, d'un étage suessonien, riche en phosphate de chaux. De 1883 à 1887, le même géologue, puis M. Aubert, au cours de ses études sur la carte géologique de la Tunisie, reconnurent la présence de phosphates, également suessoniens, dans le Sud de la Tunisie et la région de Gafsa. Dans les années suivantes, on fit quelques essais d'exploitation assez malheureux près de Souk-Arrhas dans le département de Constantine, près de la frontière tunisienne, puis en 1890, du côté de Béja, au Nord de la ligne de Constantine à Tunis, autour du Kef, vers Djebba, etc. Mais c'est seulement depuis 1892 (et même, plus exactement, depuis 1894), que l'industrie des phos-

Kouif près Tébessa; II. *Note sur les lambeaux suessoniens à phosphate de chaux de Bordj Redir et du Djebel Mzeïta, près Bordj bou Arréridj (province de Constantine)*, (Ann. d. M., IX°, t. VI, p. 319 à 338). — 1894. Pallary. *Phosphates d'alumine de Misse Rgheiss; phosphates des environs d'Oran*, etc. (As. Fr. Av. Sc. C. Caen, 1re partie, p. 148; 2° partie, p. 431-439). — 1894. D. Levat. *État actuel de la production et de la consommation des phosphates, gisements de phosphate de chaux et gisements de calamine de la Tunisie* (Assoc. franç. pour l'avanc. des Sc. Congrès de Caen). — 1895. D. Levat. *Étude sur l'industrie des phosphates et superphosphates (Tunisie. Floride. Scories basiques)* (Ann. d. M., IX°, t. VII, p. 1 à 260). — 1895. B. Kossmann. *Der Phosphat Bergbau von Tebessa in Algerien* (Berg und Hüt. Z. 1895, n° 49). — 1895. Jacob. *Sur les gisements de phosphate de chaux du plateau de Cheria (cercle de Tébessa)* (Ann. d. M., IX°, t. VIII, p. 237 à 248). — 1895. Ficheur. *Étude géologique sur les terrains à phosphate de chaux de la région de Boghari (Alger)* (Ann. d. M., IX°, t. VIII, p. 248 à 281). — 1895. Ficheur et Blayac. *Notice sur les terrains à phosphate de chaux de la région de Sidi Aïssa (Alger)*. (Ann. d. M., IX°, t. VIII, p. 281 à 290). — 1895. Blayac. *Lambeau suessonien de Birin. Le suessonien à phosphate de chaux du Djebel Mahdid près M. Sila (province de Constantine)* (Ann. d. M., IX°, t. VIII, p. 290 à 300). — 1895. Malbot. *Étude comparée des phosphates algériens* (Ann. Phys. et Chimie; C. R., t. CXXI, p. 442-445). — 1895. Carnot. *Sur la composition des cristaux observés dans les scories de déphosphoration. Sur un gisement de phosphates d'alumine et de potasse trouvé en Algérie et sur la genèse de ces minéraux. Sur la composition de quelques phosphates d'alumine (wawellites, turquoises, odontolites)* (Ann. d. M., IX°, t. VIII, p. 300 à 329). — 1896. Cayeux. *Sur la constitution des phosphates de chaux suessoniens du Sud de la Tunisie* (C. R., t. CXXIII, p. 273), — 1896. M. Strahan. *Craies phosphatées d'Angleterre* (Quart. journ. géol. Soc., XLVII° p. 356, août 1891 et LII, p. 463, août 1896). — 1896. Gosselet. *Note sur les gîtes de phosphate de chaux d'Hem-Monacu, d'Etaves, du Ponthieu, etc.* (Ann. Soc. géol. du Nord, t. XXIV, p. 109; C. R. 3 août 1896, p. 290; B. S. G. F., t. XXIV, p. 878). — 1896. Priem. *Sur les poissons de la craie phosphatée des environs de Péronne* (B. S. G. F., t. XXIV, p. 9 à 23). — 1898. D. Levat. *Sur les phosphates noirs des Pyrénées* (C. R. 21 nov. 1898. Ann. d. M. janv. 1899, 100 p. et 2 pl.). — 1902. Gosselet. *Observations sur la craie phosphatée de la Somme.* (B. S. G. F.; C. R., 3 fév. 1902, p. 19 et 20). — 1902. Pervinquière et Blayac. Sur l'éocène de Tunisie et d'Algérie (B. S. G. F; C. R. 3 fév. 1902, p. 21 à 25). — L. Chateau. *Les gisements de phosphate de chaux dans les provinces de Constantine et d'Alger* (Mém. Soc. ing. civils, 120 p. et 2 pl.). — Dujast. *Les phosphates d'Algérie.* (Rev. gén. Sc., 8° an., p. 769-783). — L. Grandeau. *Les gisements de phosphate de chaux de l'Algérie* (28 p. Ann. Soc. Agron. fr. et étr.). — 1901. De Grossouvre. *Recherches sur la Craie Supérieure* (Mém. Carte Géol.).

phates algériens est entrée dans une phase réellement prospère avec la mise en exploitation intensive de la région de Tébessa (plateau du Dyr, puis du Djebel Kouif et d'Aïn Kissa), où se sont organisées successivement la Compagnie Crokston (1892), la Compagnie Jacobsen (The Constantine Phosphate C°) et diverses autres[1]. Plus récemment, après d'assez longs pourparlers, l'importante Compagnie de Gafsa s'est constituée, en 1898, sous le patronage des Compagnies de Saint-Gobain, Mokta el Hadid, etc.; elle a rapidement construit la ligne de 250 kilomètres, qui la relie à Sfax et, malgré un accident désastreux à la fin de 1900, est outillée pour une production de 300000 tonnes.

La statistique de l'industrie minérale mentionne, pour l'Algérie : une

[1] On sait à quelles violentes polémiques a donné lieu la question des phosphates algériens et comment les procédés de discussion haineux, trop habituels à ce malheureux pays, ont trouvé là un champ favorable pour s'exercer. Sans vouloir entrer en aucune façon dans la discussion, il peut être intéressant de rappeler les phases principales de cette affaire célèbre. (Voir, à ce sujet, une thèse pour le doctorat en droit, soutenue à Paris le 24 mai 1901 par Jules Gastu).

C'est en 1890 que l'attention du public fut attirée sur les gisements phosphatés de Tébessa, jusqu'alors connus seulement des géologues. Dès le 25 novembre 1890, une autorisation d'exploiter fut accordée, sur le Djebel Deckma, à M. Weterlé, qui la recéda à M. Packard; l'entreprise ne réussit pas. Une autre autorisation, relative au Dyr, demandée par M. Laporte et rétrocédée, pendant les formalités, à M. Crokston, fut définitivement approuvée par la préfecture de Constantine le 19 janvier 1894. Une troisième, concernant le Djebel Kouif, demandée en 1902 par un indigène, rétrocédée à M. Bertagna, puis à M. Jacobsen, fut approuvée le 25 septembre 1893. Enfin, une quatrième, également relative au Dyr, fut accordée le 19 janvier 1894, à M. Barboutie, qui recéda ses droits à la Compagnie des phosphates de Tébessa. Les phosphates n'étant pas concessibles et leur propriété étant laissée par la loi au propriétaire du sol, ces trois dernières autorisations étaient accordées, avec approbation préfectorale, par la commune mixte de Morsott, sur le territoire de laquelle se trouvaient les gisements.

Sur ces entrefaites, la richesse des dépôts phosphatés, jusque là très problématique, s'étant trouvée démontrée, une campagne de presse commença pour obtenir la révocation de ces concessions (dont deux se trouvaient être passées dans les mains d'Anglais), en les déclarant, tant obtenues par dol qu'illégales pour diverses causes.

Une commission interministérielle fut d'abord nommée et son rapporteur, M. Aguillon, déposa son rapport le 22 juin 1895 ; le 9 juillet 1895, il y eut interpellation au Sénat ; le 14 août 1895, nomination d'une commission d'enquête ; le 12 octobre 1895, premier décret, réglementant, pour l'avenir, les concessions des phosphates ; le 23 octobre, arrêté préfectoral (annulé par le conseil d'Etat, le 7 août 1897), rapportant les autorisations accordées aux concessionnaires. Puis vinrent : des instructions criminelles (terminées par des non-lieux) contre les fonctionnaires mêlés à l'affaire : une interpellation à la Chambre le 21 décembre 1895 ; le dépôt d'un projet de loi sur les phosphates (bientôt abandonné), le 20 janvier 1896 ; enfin un important procès, engagé par l'administration pour obtenir l'annulation des concessions : procès perdu devant le tribunal de Guelma le 11 novembre 1897 et, définitivement, en appel, devant la cour d'Alger, le 10 mai 1899.

En résumé, les concessions antérieures ont été confirmées, et le régime légal des phosphates de chaux en Algérie a été réglé, pour l'avenir, par un décret du 25 mars 1898, stipulant la nécessité d'une adjudication toutes les fois que les gisements ne dépendent pas d'un terrain de propriété privée au titre français et établissant un droit de 50 centimes par tonne de phosphates à l'exportation.

extraction de 269 500 tonnes, à 20 francs, en 1898; 325 000 tonnes, à 20 francs, en 1899; 319 422 tonnes, à 20 francs, en 1900 (le chiffre de 20 francs, reproduit d'année en année, étant évidemment conventionnel[1]).

Cette production se divise approximativement ainsi, entre les diverses Sociétés exploitantes :

		tonnes.
RÉGION DE TÉBESSA.	*Djebel Kouif* (Société de l'Omnium)	110 000
	Djebel Dyr Sud (ancienne Société Crokston)	90 000
	Aïn Kissa (amodié à la Société française de Tébessa, qui a recédé, en grande partie, ses droits à l'Omnium)	50 000
RÉGION OUEST DE SÉTIF.	*Tocqueville* (38 kil. O., 40°. S. de Sétif et 14 kilom. de Tixter)	50 000
	Bordj Redir (58 kil. O., 32°, S. de Sétif, relié à la station d'El-Anasser)	10 000
		310 000

En outre de ces exploitations organisées, sur lesquelles je reviendrai plus loin, on considère, comme pouvant être mise en valeur dans un avenir assez court : la région à l'Est de *Tocqueville*, qui vient d'être amodiée; le plateau du *Dj.-Mzita* (7 à 8 kil. N. de Bordj-Redir), dont on prépare l'amodiation et le territoire militaire au Sud de Tébessa. Au contraire, le *Dyr Nord*, qui avait semblé d'abord, en raison des résultats obtenus au *Dyr Sud*, la première région à mettre en adjudication, n'a pas, vérification faite, justifié les espérances qu'on en avait conçues.

En *Tunisie*, les extractions de *Gafsa* ont commencé, en 1899, avec 70.000 tonnes, valant, sur place, 840 000 francs. En 1900, elles ont monté à 178 000 tonnes, valant, sur place, 3.905.000 francs. En 1901, on a dépassé 190.000 tonnes, et l'on pense arriver à 260.000 en 1902.

Géologie des gisements phosphatés. — Les conditions géologiques, dans lesquelles se présentent ces gisements, sont d'autant plus intéressantes à étudier qu'elles ne paraissent pas constituer un fait accidentel, mais correspondre, au contraire, à des lois générales de dépôt, (également réalisées, par exemple, dans l'aptien d'Angleterre ou le sénonien de Belgique). Il semble bien démontré que tous ces dépôts phosphatés se sont formés, dans des eaux peu profondes, au voisinage d'une côte, pendant une période d'ingression marine, qui, dans le cas de l'Algérie, partant du Nord, s'est étendue peu à peu vers le Sud-Est. Pratiquement, il en résulte la très grande extension de ces dépôts algériens et tunisiens sur la longueur des côtes sinueuses de la mer suessonienne (éocène inférieur), dont le côté libre était vers le Nord et,

[1] Le prix, de vente des phosphates dans les ports de la Méditerranée était, en avril 1900, de 0,73 l'unité pour les phosphates de première catégorie (63 à 70 p. 100), de 0,72 pour ceux de seconde (58 à 63 p. 100). En mai 1902, on cote, pour les mêmes qualités, respectivement 0,56 et 0,54. Ces phosphates sont garantis à moins de 2 p. 100 de fer et d'alumine.

par suite, la possibilité de les retrouver, avec assez de facilité, d'après les données générales de la carte géologique, là même où leurs affleurements n'ont pas été signalés jusqu'ici [1].

Nous allons commencer par quelques renseignements généraux sur ces gisements et nous verrons ensuite l'interprétation que l'on peut tenter des faits observés.

Les niveaux phosphatés algériens et tunisiens, ont été d'abord considérés comme appartenant tous au même étage, situé à la base de l'éocène inférieur ou suessonien (dans le thanétien), au contact du Crétacé, représenté lui-même par des étages divers, souvent par le sénonien [2]. On est porté à croire, aujourd'hui, d'après des observations de M. Pervinquière, que, si les phosphates de Tébessa sont bien de cet âge, ceux de Gafsa sont, probablement, un peu plus récents et de l'éocène moyen.

Dans toute la région de Tébessa, qui a été particulièrement bien étudiée, en raison du grand développement pris par les exploitations depuis 1894, la coupe, très typique, est la suivante, de haut en bas :

THANÉTIEN (*Suessonien inférieur*).	*C* — Calcaire coquillier (lumachelle), dans le Sud de la Tunisie, faisant place à d'épais calcaires nummulitiques dans le centre et le Nord de la Tunisie.
	B — *Niveau à phosphates.* Alternances de marnes avec nodules et de calcaires phosphatés.
	A — Limons argileux noirs de puissance variable (120 mètres au Dyr, près Tébessa), saturés de chlorure de sodium et de gypse, avec silex caractéristiques [3], noirâtres à l'intérieur, blancs extérieurement (pris par les indigènes pour des ossements pétrifiés).
— *Discordance de stratification.*	
CRÉTACÉ	— Etages variables.

Pratiquement, la place du niveau phosphaté, sous les bancs de

[1] Inversement, on peut remarquer combien, le caractère littoral des gîtes phosphatés étant une fois bien démontré, le tracé minutieux de leurs affleurements, qu'un intérêt pratique conduit à établir, devient utile pour reconstituer la géographie ancienne de la terre et la position des rivages à l'époque correspondante.

[2] Je laisse de côté, en ce moment, les niveaux, sans importance pratique, du crétacé ou du miocène, dont il sera dit un mot plus loin.

[3] La formation de ces silex est, on le sait, généralement considérée comme le produit de réactions secondaires et postérieures au dépôt, ayant déposé de la silice, (empruntée aux spicules des éponges et aux radiolaires), autour de certains centres d'attraction, souvent organiques, ou l'ayant substituée à des nodules anciens (parfois à du gypse, dans les silex nectiques). On ne peut donc pas en déduire à priori des conclusions précises sur le mode de dépôt. Mais on trouve, fréquemment, avec le phosphate, de la glauconie, c'est-à-dire un hydrosilicate de fer potassique, assez caractéristique des vases bleues, qui marque un rapprochement très habituel du fer et du phosphore dans leurs gisements. Il est à noter que cette association caractéristique de la glauconie et du phosphate (fer et phosphore), se retrouve, dans des gisements de tous âges : par exemple, dans la craie glauconieuse du rhotomagien. A la base de celle-ci, une couche de marne glauconieuse, parfois sableuse, renferme de petits nodules phosphatés ; puis vient la craie dure mouchetée de glauconie avec silex gris.

calcaire coquillier et au-dessous des limons noirs à silex, est très caractéristique et le rend très facile à retrouver.

Théoriquement, l'interprétation immmédiate de cette coupe (et des descriptions de détail, par lesquelles elle sera bientôt précisée), c'est qu'après une période d'émersion et un mouvement du sol, caractérisés par la discordance (fréquente mais non constante) entre le crétacé et l'éocène, les eaux de la mer, revenant sur la région algérienne, y ont, d'abord, formé des lagunes tranquilles et peu profondes, où se sont déposés, avec des argiles noires, des produits salins de concentration. Puis, il y a eu un certain approfondissement, sans que la côte se soit notablement éloignée ; le caractère marin s'est accentué ; on s'est trouvé, au maximum, dans cette zone, (dite bathyale par M. Haug [1]), où, entre 80 et 900 mètres de profondeur, se déposent surtout les boues bleues, riches en matières organiques et en sulfures. C'est le moment où ont dû se déposer les phosphates. Les conditions, nettement littorales, de la formation phosphatée sont, en effet, caractérisées, partout où on l'observe, par l'entrelacement des couches, aussi bien que par l'abondance des dépôts organiques. Le fait que les phosphates algéro-tunisiens sont : les uns, ceux du Centre et du Nord, dans l'éocène inférieur; les autres, ceux du Sud-Est, dans l'éocène moyen, paraîtrait indiquer que, pendant la période suessonienne, la mer aurait gagné peu à peu vers le Sud, reportant, de plus en plus loin, dans ce sens, son rivage. Cette transgression de l'éocène moyen, hypothétique à Gafsa, est très marquée au Sud de Mactar.

En ce qui concerne cette question d'âge, M. Pervinquière a remarqué, récemment [2], que, dans quelques points privilégiés de l'Algérie comme le synclinal du Dyr, près Tébessa, fameux par ses phosphates, la sédimentation a dû être continue du crétacé au tertiaire. Sur les calcaires sénoniens à inocérames, reposent alors des marnes bleues ou noires (A de la coupe précédente), atteignant 200 mètres d'épaisseur au Kalaat-es-Senam [3] et au milieu desquelles la limite inférieure de l'éocène est impossible à tracer.

Puis vient le niveau phosphaté de la région de Tébessa (B), dont le fossile le plus typique est un grand nautile voisin du *N. Forbesi* et qui supporte quelques bancs de calcaire à silex noir ou chocolat (C), où apparaissent de petites nummulites, du reste très rares. Au-dessus d'eux se dresse la masse des calcaires cristallins, très riches en nummulites, parmi lesquelles *N. Rollandi.* (Mun. Chalm.) qui appartiennent encore à l'éocène inférieur.

[1] HAUG. *Les géosynclinaux et les aires continentales* (B.S.G.F., 3e série, t. XXVIII, p. 621).
[2] C. R. S. G. F. — 3 février 1902, p. 21.
[3] Voir, plus loin, page 226.

L'éocène moyen peut reposer en concordance sur ces calcaires de l'éocène inférieur, ou être en transgression sur le crétacé (région du Sud de Mactar et probablement région de Gafsa),

Cet éocène moyen débute, dans la région centrale, par des calcaires grossiers, avec quelques intercalations marneuses, où abonde une grande huître et continue par des marnes très puissantes à *O. bogharensis* (Nicaise).

L'aspect des couches phosphatées de Gafsa est plutôt celui de l'éocène moyen que de l'éocène inférieur de la Tunisie centrale ; les calcaires à nummulites (C) font défaut au-dessus et divers fossiles recueillis appartiennent à l'éocène moyen.

Suivant M. Blayac, ce niveau phosphaté de l'éocène moyen, prépondérant à Gafsa, existerait également dans la région de Souk-Arrhas.

Origine des dépôts phosphatés. — Nous venons de supposer aux phosphates algériens une origine littorale. Si l'on cherche un point de comparaison dans les gîtes phosphatés sénoniens de Picardie et de Belgique, on voit que, là aussi, le dépôt du phosphate doit être considéré comme s'étant produit sur une côte. On admet généralement, pour expliquer la constitution de ces gisements, que, le long des rivages de la mer, pendant le sénonien supérieur (assise à *Bel. Quadrata*), des poissons et des reptiles ont fourni, par leur décomposition, de la matière phosphatée, qui, suivant les uns, s'est groupée directement en grains radiés de 1/20e à 1/10e de millimètre, sur des moules de foraminifères, des débris divers de poissons, etc., dans la bouillie de craie sédimentaire[1], ou, suivant d'autres, est entrée, d'abord, en dissolution étendue dans l'eau de mer, puis s'est chimiquement reprécipitée.

Nous aurons, plus tard, à propos des phosphates de la province d'Oran, à envisager un autre mode de formation entièrement différent, des gisements phosphatés, également par altération de matières organiques, mais à la surface de la terre, ou dans des grottes. Ce second genre de dépôts est beaucoup plus localisé que ceux dont il s'agit en ce moment et sur lesquels l'exploitation intensive des gisements picards a permis de faire de nombreuses observations, utiles à rappeler, pour éclairer, par rapprochement, la question des phosphates algériens.

Ainsi, M. Gosselet[2], dans une note sur les gîtes phosphatés d'Hem-

[1] On sait que l'on a tout à fait renoncé aux anciennes théories, d'après lesquelles la craie s'était formée dans les grandes profondeurs marines. Néanmoins, M. de Grossouvre croit la craie blanche formée aux confins de la zone littorale profonde et de la zone pélagique, à peu près uniquement par des éléments organiques et sans apports terrigènes. Voir, sur cette question générale, le chapitre intitulé : des *Conditions de dépôt de la craie blanche* dans le grand ouvrage récent de M. de Grossouvre. *Recherches sur la craie supérieure* (Mém. de la Carte Géol., 1901).

[2] *Ann. Soc. géol. du Nord*. XXIV, p. 109, 10 mai 1896. et *B. S. G. F.*

Monacu, d'Etaves et du Ponthieu, en Picardie, a montré comment il s'était formé là, par endroits, plusieurs bancs de craie phosphatée riche, séparés par des craies blanches ou blanc jaunâtre, toujours un peu phosphatées, mais beaucoup plus pauvres. Chacune des couches phosphatées riches repose sur un banc de craie pauvre, durcie et perforée par les lithophages et toutes commencent par un conglomérat de nodules durs, roulés, vernissés et perforés.

Il y a donc eu là, incontestablement, une série de phénomènes littoraux, qui se sont répétés à diverses reprises, toujours dans le même ordre : 1°, dépôts de craie phosphatée pauvre sous une profondeur d'eau certainement très faible; car cette craie renferme des récifs coralliens, qui n'ont pu se former à plus de 40 mètres; puis, 2°, durcissement, qui marque tout au moins un arrêt dans la sédimentation; 3°, perforation par les organismes; 4°, érosion, qui s'est attaquée à la couche dure et en a roulé les fragments, de nouveau perforés; enfin, 5°, apport abondant de matière phosphatée riche.

C'est également au voisinage des côtes qu'ont dû se déposer : soit les phosphates du Boulonnais, sur un lit de sable vert glauconieux, qui recouvre le jurassique et au-dessous des argiles du Gault; soit ceux de l'aptien anglais (Sandy), à la base des sables verts aptiens, qui succèdent aux dépôts d'eau douce du Weald; soit les nodules phosphatés cénomaniens de Pernes, dans le Nord de la France, séparés seulement du sous-sol dévonien par une mince couche d'argile et recouverts par des sables verts et glauconieux, etc.

L'étude des phénomènes actuels vient encore confirmer ces idées sur l'origine des niveaux phosphatés. Ainsi les sondages sous-marins ont montré la formation contemporaine de certaines boues verdâtres glauconieuses et phosphatées, qui se déposent, par les fonds de 200 à 1 300 mètres, le long de côtes abruptes, où ne débouche aucune rivière importante, comme c'est le cas pour le littoral méridional de l'Afrique. Au large du Cap de Bonne-Espérance, on trouve, dans ces conditions, du phosphate, englobant et cimentant des grains de quartz, de glauconie et des foraminifères : phosphate souvent associé à du fer et à du manganèse. L'origine de cette substance paraît être dans la décomposition des débris organiques, entassés au fond de la mer. Le phosphate commence par se dissoudre dans la vase, puis se groupe autour de certains centres d'attraction, en nodules mamelonnés.

On retrouve, de même, des concrétions phosphatées, renfermant jusqu'à 35 p. 100 de phosphate tricalcique, avec 10 ou 12 de carbonate magnésien et 15 d'oxyde ferrique, dans certaines traînées de calcaire solide, formées par une accumulation de débris de petits polypiers, d'échinodermes et de mollusques, qui se déposent aujourd'hui, entre 160 et 600 mètres de profondeur, le long de certains courants chauds,

charriant des matière nutritives, par exemple sur le parcours du Gulf Stream, au large de la Floride.

On arrive donc à se faire une idée assez nette sur la manière dont les couches phosphatées algériennes et tunisiennes ont dû se constituer tout d'abord; mais, en fait de gisements phosphatés, plus encore peut-être que pour tout autre gîte minéral, il faut, après les conditions de formation primitive, envisager les modifications ultérieures, qui, appliquées à une substance soluble dans l'acide carbonique comme le phosphate de chaux, ont pris une intensité considérable et contribué, pour une forte part, à donner aux gisements leur allure actuelle.

Ces modifications secondaires ont pu commencer presque dès le dépôt des boues phosphatées. Il a dû, dans l'épaisseur de ces vases, se produire des concentrations de matières phosphatées redissoutes. Des bancs, solidifiés et émergés après un recul momentané de la mer, ont pu être repris, disloqués, roulés par fragments. Certaines accumulations de nodules en sortes de conglomérats, (comme on en observe, par exemple, en Floride), ont été, notamment, rattachées à une action de ce genre. Très postérieurement et dans les périodes tout à fait voisines de la nôtre, une érosion énorme s'est attaquée aux formations phosphatées mises à découvert : par exemple, au suessonien algérien, dont elle n'a laissé subsister que des lambeaux disséminés. C'est alors que, — le carbonate de chaux, associé au phosphate, se dissolvant en tout ou en partie —, on a vu se produire des sables phosphatés plus ou moins meubles et des groupements de matières phosphatées redissoutes se concentrer autour de certains centres d'attraction, notamment autour d'organismes.

Caractères pratiques des phosphates algériens : nodules et craies brunes. — En résumé, si nous passons aux conditions pratiques dans lesquelles se présentent les phosphates suessoniens nord-africains, ceux-ci se rattachent à deux types, de valeur tout à fait différente, bien que d'origine presque semblable et à peu près du même âge : 1° les marnes à nodules, exploitées par exemple à Souk-Arrhas, qui n'ont jamais donné de bons résulats et, 2°, les craies brunes phosphatées, qui alimentent, au contraire, les grandes exploitations de Tébessa et de Gafsa.

1° Les nodules phosphatés, dont la valeur est très secondaire, se présentent, par couches irrégulières, avec des formes et des dimensions variables, au milieu de marnes feuilletées, contenant souvent des filets interstratifiés de gypse, des nodules de sulfate de strontiane et des sels alcalins (c'est-à-dire déposées dans une eau de mer très concentrée), qui alternent, elles-mêmes, avec des bancs calcaires. Ces marnes feuilletées, — d'après M. Levat, auquel j'emprunte cette description —, sont onctueuses, grasses au toucher et renferment parfois

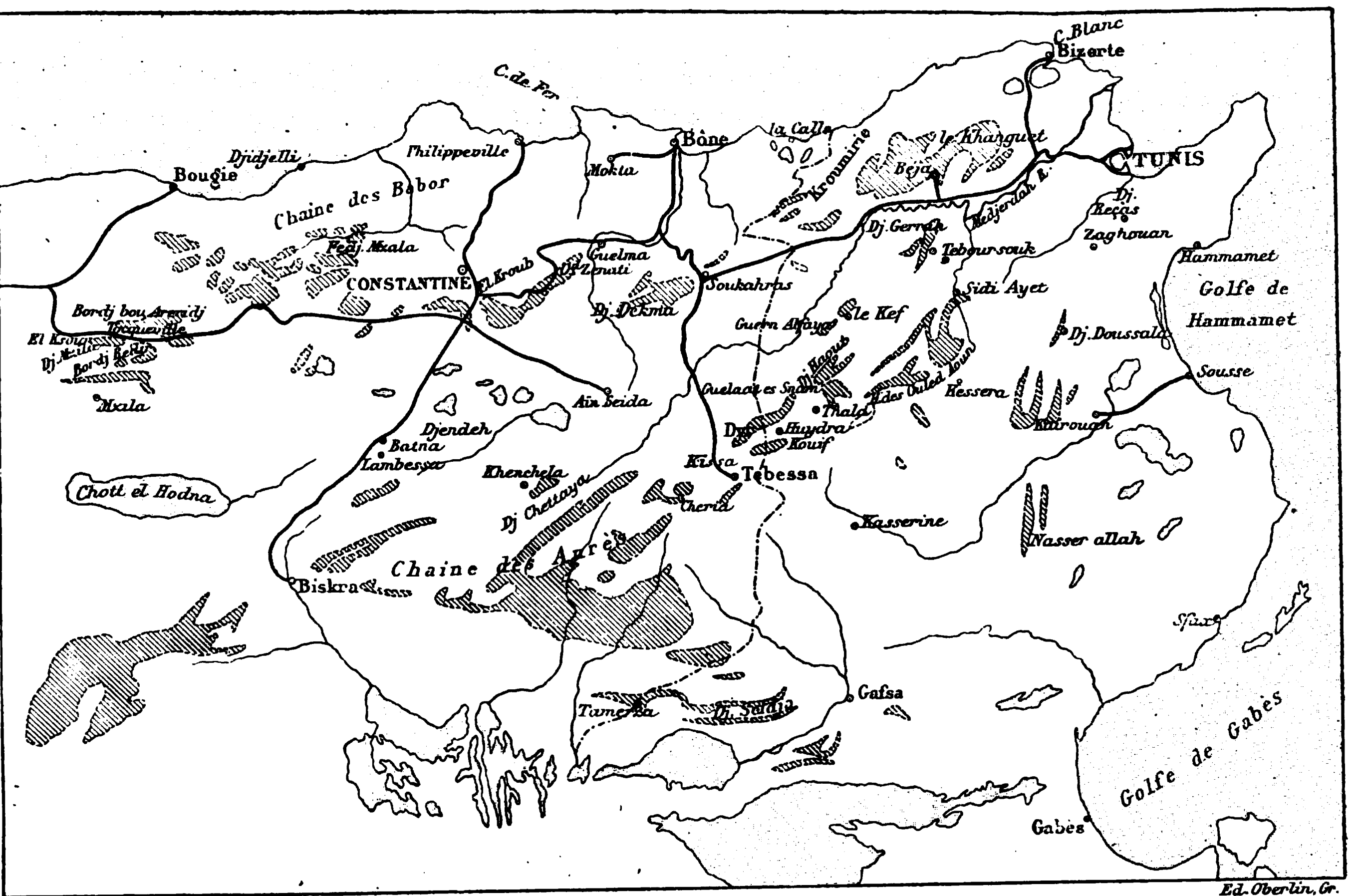


Fig. 45. — Carte montrant la disposition de l'éocène inférieur (niveau phosphaté) dans l'Est de l'Agérie et la Tunisie.

L'éocène supérieur a été couvert de hachures. (Echelle au 1/3.700.000.)

jusqu'à 7 ou 8 p. 100 d'une manière organique mal étudiée, insoluble dans le sulfure de carbone et la benzine. Les nodules sont, pour la plupart, arrondis et striés, avec une patine brune et luisante, d'aspect caractéristique, où s'est concentré le phosphate. Dans les gros nodules, cet enduit est même seul phosphaté, l'intérieur étant calcaire ; les petits peuvent, au contraire, tenir jusqu'à 70 p. 100 de phosphate tribasique. On a supposé, dès lors, que ces nodules devaient être le résultat d'une concentration anciennement opérée sur des terrains calcaires phosphatés, où le phosphate aurait été d'abord disséminé ; le phosphate, emprunté aux fragments calcaires roulés dans une eau très chargée d'acide carbonique, serait entré en dissolution dans cette eau et se serait reprécipité sur la surface de ces galets.

2° Les phosphates calcaires, qui constituent le véritable minerai industriel, alternent avec les marnes à nodules. Ce sont eux que l'on exploite auprès de Tébessa, au Dyr, à Gafsa, etc. « Ils se présentent, d'après M. Levat, sous la forme d'une roche assez friable, grenue, dont la couleur varie du gris jaunâtre clair au brun verdâtre. La qualité la plus recherchée s'écrase facilement dans les doigts et sa densité ne dépasse pas 2, pour la roche en place. Cette roche est formée par l'agglomération, dans un ciment calcaire plus ou moins abondant, d'une multitude de grains fins de toutes formes : les uns arrondis, recouverts d'une patine brune et brillante, sont essentiellement constitués par du phosphate de chaux jaunâtre, à cassure terreuse ou d'apparence fibreuse; les autres, d'un vert d'herbe, à texture écailleuse ou en très petites masses d'apparence scoriacée ou corrodée, rappellent, par leur aspect, certaines glauconies. » La roche contient de petits grains de quartz et de nombreux débris organiques.

On peut admettre qu'une altération superficielle, en dissolvant le carbonate de chaux avec une partie du phosphate de chaux et rendant ainsi la roche friable, a reprécipité ce dernier, soit sur les débris organiques, soit sur les grains phosphatés préexistants, qui se sont trouvés enrichis.

Description méthodique des divers gisements. — Nous passons maintenant à la description méthodique des divers gisements.

Quoique les conditions de dépôt soient (à la richesse près) très analogues dans la plupart des points et que la répétition de leur description doive, par suite, entraîner quelque monotonie, la question présente un si grand intérêt pratique que je crois devoir insister un peu longuement, tout en renvoyant, pour les détails tout à fait circonstanciés qui ne sauraient avoir leur place ici, à la série de mémoires spéciaux énumérés précédemment[1].

[1] Note 2, page 206.

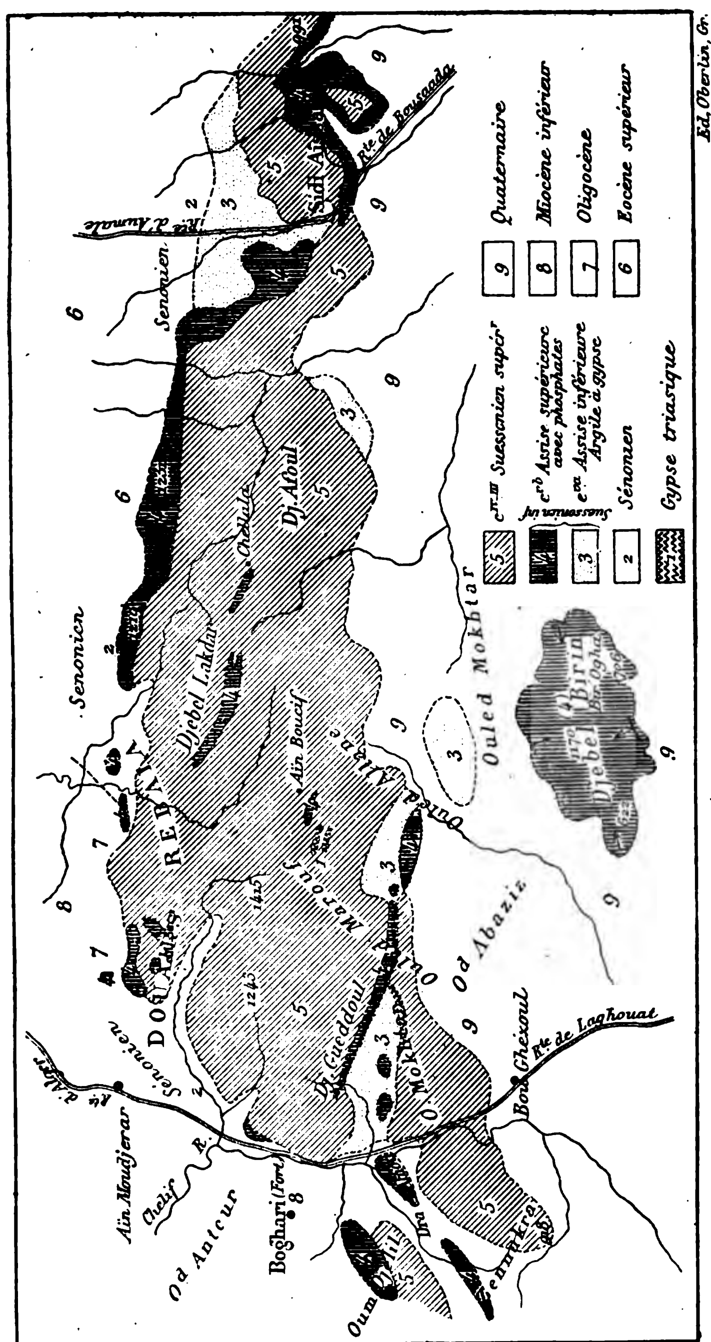


Fig. 46. — Carte géologique de la région des phosphates de Boghari, d'après M. Ficheur.

Échelle au 1/800.000.

Afin de mettre un peu d'ordre dans cette énumération, nous allons parcourir successivement, du Nord au Sud, les diverses zones suessoniennes, que met en évidence la carte géologique d'Algérie (fig. 45).

Au Nord, le suessonien forme, d'abord, une série de lambeaux, alignés suivant une zone principale dirigée Est-Ouest, conformément à tous les plissements algériens, depuis Aïn-Temouchent et Sidi-bel-Abbès, au Sud d'Oran, en passant par Boghari, Bordj-bou-Areridj, Sétif et Souk-Arrhas, jusqu'à Béjà en Tunisie. Une autre zone importante va, de Biskra vers Tebessa et Béjà, rejoindre la précédente; enfin, d'autres lambeaux développés se trouvent, au Sud-Est, vers Gafsa, ou, à l'Est, vers Kairouan.

Tous ces lambeaux sont loin de renfermer des phosphates : ces phosphates, comme nous l'avons dit, s'étant uniquement déposés sur les rivages de la mer suessonienne, en sorte que les seules formations, où on puisse en trouver, sont celles qui présentent un caractère littoral. L'attention ayant été vivement attirée sur cette question entre 1890 et 1895, le service géologique d'Algérie a procédé, à ce moment, à une série d'explorations, dont les résultats ont été, en grande partie, publiés aux *Annales des mines*. Il est résulté de ces études, que je vais bientôt résumer, l'existence d'une zone phosphatée entre Bordj-bou-Areridj et Sétif, puis au Sud de Guelma, à l'Oued Zenati, plus loin vers Souk-Arrhas, Ghardimaou et Béjà. On en a retrouvé également à Biskra, dans toute la région de Tébessa et Kalaat-es-Senam, au Kef, à Sidi-Ayat; enfin, entre Gafsa et Tamerza et à Nasser Allah, au Sud de Kairouan.

Industriellement, les deux zones de beaucoup les plus importantes et les plus activement exploitées, sont celles de Tébessa et de Gafsa, auxquelles il faut, comme nous l'avons vu, ajouter Tocqueville et Bordj-Redir, à l'Ouest de Sétif. Cela ne veut pas dire qu'il ne puisse y avoir, ailleurs, des gîtes phosphatés également riches; mais ceux-là seuls se présentent, jusqu'ici, par suite de l'existence de voies ferrées les reliant à des ports de mer, dans des conditions d'exploitabilité pratiques.

Région de Boghari à Sidi-Aïssa. — Si nous commençons par la zone du Nord, la première région, où le suessonien apparaît bien développé, est celle qu'a spécialement étudiée M. Ficheur, à l'Est de *Boghari* (au Sud d'Alger), dans le massif du Titteri.

Cette région de Boghari (fig. 46) peut, d'après lui, servir de trait d'union entre les facies différents, qui caractérisent ce terrain : d'une part, dans l'Ouest, où les phosphates ne sont pas connus (région de Sidi-bel-Abbès); d'autre part, dans l'Est, où ils deviennent exploitables (Bordj-bou-Arréridj, Tébessa, Souk-Arrhas).

Dans ce massif, compris entre Boghari et Sidi-Aïssa (au Sud d'Aumale) sur environ 100 kilomètres de long, le suessonien, qui repose sur le sénonien marneux, est principalement représenté par une puissante

formation d'argiles et de grès, tandis que l'assise à silex et à phosphates, mentionnée dans la coupe générale précédente[1], n'existe que sur des zones étroites et largement interrompues. Aucune exploitation n'y a été tentée.

Ce suessonien comprend là deux grandes divisions stratigraphiques, séparées l'une de l'autre par des actions de ravinement intenses, qui vont souvent jusqu'à l'ablation totale de l'étage inférieur et, en outre, par des discordances manifestes. La coupe est, en général, de haut en bas, la suivante :

ÉTAGE SUPÉRIEUR.	*D* — Grès en bancs puissants, passant à des alternances d'assises argileuses et gréseuses, — avec turritelles, *Pecten*, *Echinolampas clypeolus* . . .	400 à 500 m.
	C — Argiles jaunes à *Ostr. Bogharensis*, avec gypse; alternances de grès ; accidentellement, couches glauconieuses, avec *nodules phosphatés* disséminés.	300 à 500 —
ÉTAGE INFÉRIEUR.	*B* — Couches marno-calcaires, avec lits de silex à la base ; couches glauconieuses et *phosphatées*, surmontées de calcaires blancs, rarement gréseux, dans lesquels peuvent s'intercaler des calcaires à nummulites	moins de 150 —
	A — Argiles brunes feuilletées à cristaux de gypse. Dépôt de comblement	moins de 200 —

L'assise B à phosphates est caractérisée par son aspect, d'un blanc crayeux, bien reconnaissable à distance, et qui tranche nettement sur la teinte grise ou jaunâtre des grès de l'étage supérieur. Le lit à silex de la base est extrêmement caractéristique. Il en résulte, aux affleurements, des amas de silex noirs, semblables à des os calcinés et appelés par les indigènes Oum-el-Adan (l'endroit des os).

La succession des couches de cette assise B, très variable d'un point à l'autre, peut être résumée, de la façon suivante, autour de Boghari (de haut en bas) :

B
5. *Calcaires durs* en bancs bien réglés, parfois grèseux, d'épaisseur variable, pauvres en fossiles. Niveau des calcaires à nummulites.
4. *Calcaires sableux*, avec intercalations de grès friables et couches sableuses, ou calcaires durs rognonneux à gatropodes et bivalves ; horizon du *Nautilus Forbesi*.
3. *Marnes et calcaires marneux blancs*, avec lits glauconieux et *couches phosphatées ; Ostrea cf. vesicularis ;* dents de *Lamna;* vertèbres; os de reptiles.
2. *Bancs de silex noirs* rognonneux, d'épaisseur variable, quelquefois subdivisés.
1. *Marnes blanches* ou *argiles grisâtres*, avec lits glauconieux et *couches phosphatées*, renfermant des dents de squales (*Lamna*), des coprolithes, etc.

Cette assise B, dont la puissance peut atteindre 150 mètres, se présente, le plus fréquemment, réduite aux couches inférieures, qui renferment les niveaux phosphatés.

[1] Page 210.

Suivant M. Ficheur, le point le plus favorable à une exploitation éventuelle dans cette région est situé sur le flanc Nord des collines qui bordent la rive droite du Chélif, dans le prolongement du *Dra-el-Abiod* (au Sud de Boghari). Il y aurait là, sur 8 kilomètres de long, une couche de 2 mètres, renfermant 12 à 14 millions de mètres cubes de sables phosphatés à 30 ou 35 p. 100.

Plus à l'Est, le niveau phosphaté du flanc du *Djebel-Gueddoul* va en diminuant d'importance à mesure qu'on s'éloigne vers l'Est, au point de disparaître complètement dans le *Djebel-Birin*. A l'Ouest de Boghari, également, les phosphates cessent rapidement.

En resumé, il n'existe très probablement pas, dans cette région, de richesse phosphatée comparable à celles de Gafsa ou de Tébessa ; mais ces lits à phosphates, qui rappellent ceux de la région de Souk-Arrhas par la présence des grumeaux et nodules abondants, constituent une réserve importante pour l'utilisation locale.

Géologiquement, les phosphates s'intercalent là au niveau habituel, où nous les retrouverons à Tébessa ; leur situation, par rapport au suessonien inférieur sans phosphates de la bordure septentrionale de ce bassin (Douairs Rebaïa, etc.), peut être rapprochée de la disposition relative qu'on retrouve, plus à l'Est, entre le suessonien à phosphates de Bordj-Redir et du Mzeïta et les assises calcaires du même étage qui en sont dépourvues dans la région au Nord, Sidi-Embarek et, plus loin, dans le voisinage de Sétif. Le rivage de la mer suessonienne était situé au Sud ; s'éloigner vers le Nord, c'est donc s'écarter de la côte.

Cependant, au Nord, la zone suessonienne sans phosphates de Douairs et du Djebel-Lakdar (1 464 m.), redevient phosphatée dans la région de *Sidi-Aïssa*, à l'Est du Djebel-Afoul. De ce côté, la discordance entre les deux étages du suessonien est très nette. La couche de phosphate se trouve encore immédiatement en dessous des silex. Elle est grisâtre et renferme seulement 24 p. 100 de phosphates. Au Sud de Sidi-Aïssa, les couches phosphatées, dures et grisâtres, ne contiennent que 12 à 15 p. 100 de phosphates et sont inutilisables.

Région de Bordj-bou-Arréridj, Tocqueville, etc. — En continuant maintenant vers l'Est, nous arrivons à la région de Bordj bou Arréridj, dont l'étude a été faite par M. Blayac [1].

La mer suessonienne de *Mzeïta* ou du *Dj. Mzita* (un peu au Nord de Bordj-Redir) devait être reliée à celle du versant Sud du *Dj. Mahdid* (à l'Ouest de BordjR-edir, 22 kil. S. de Bordj-bou-Arréridj), par un bras, qui s'étendait entre ce dernier et la chaîne métallifère du Bou Thaleb ; ce versant Sud formait alors rivage à la mer et c'est, comme d'habitude, sur un rivage, que se sont déposés les phosphates.

[1] Voir, plus haut, fig. 45, p. 215.

On trouve là, d'après M. Blayac, près de *Msila* (44 kil. S. de Bordj-bou-Arréridj, entre cette ville et le Chott el-Hodna), sur une zone de 70 kilomètres, des couches à phosphates, intercalées dans des calcaires tendres à lits de silex, reposant eux-mêmes sur les marnes noires à huîtres ordinaires. Deux bancs phosphatés principaux et bien continus ont : l'un, 1,20 m., avec une teneur pouvant aller à 50 p. 100; l'autre, 1,50 m., avec une teneur faible; au-dessus, diverses petites couches pauvres ne dépassent pas 30 à 60 centimètres.

De Bordj-bou-Arréridj à Aïn-Fakroum et Souk-Arrhas, le suessonien, sur 380 à 400 kilomètres de long, se présente en lambeaux disséminés, renfermant à peu près partout des niveaux phosphatés plus ou moins riches. C'est le littoral suessonien, que nous suivons là constamment.

La coupe de *Bordj-bou-Arréridj* est, d'après M. Blayac, identique à celle que nous allons trouver près de Tébessa :

Calcaires durs	2 à 6 mètres.
C — Bancs de calcaires marneux à rognons de silex. .	20 à 30 —
B — Calcaires marneux blancs tendres. alternant avec lits de silex et *trois bancs de phosphates* (quelquefois 4) de 1 à 2 mètres.	40 —
A — Marnes noires gypseuses	15 à 25 —

Le phosphate est ici moins tendre qu'au Dyr, mais dur, noir, piqueté de blanc et de gris (coprolithes). Les dents et les vertèbres de squales y sont fréquentes. On peut remarquer la présence de silex caractéristiques au-dessus des phosphates.

Des exploitations se sont organisées, ou s'organisent, dans cette région entre Bordj-bou-Arréridj et Sétif, à *Tocqueville*, à *Tixter*, à *Bordj-Redir* et au *Dj. Mzita*. L'exploitation de *Tocqueville*, la plus importante, produit environ 50 000 tonnes ; elle est reliée à la station de Tixter, sur l'Est algérien, par une ligne à voie étroite de 14 kilomètres. *Bordj-Redir* envoie par route ses phosphates à la station d'El-Anasser. A *Tixter*, l'adjudication vient seulement d'être faite et, au *Dj. Mzita*, elle est en préparation.

Quand on s'écarte vers *Bel-Imour*, le phosphate fait place à des marnes schisteuses phosphatées très épaisses, d'une teneur très faible en acide phosphorique. Plus au Nord encore, d'après M. Grand, les marnes phosphatées passent à des marnes calcaires.

D'une façon générale, dans toute la zone Nord (fig. 45), qui comprend l'*Oued-Zenati*, entre Constantine et Guelma, le *Djebel-Dekma* près Souk-Arrhas, les environs de *Ghardimaou* et la région au Nord de *Béja*, le facies des terrains phosphatés est différent de celui que nous rencontrerons dans les régions riches du Dyr ou du Kalaat-es-Senam, près Tébessa : au lieu de calcaires grenus tendres et friables, comme dans les niveaux exploités, on a des calcaires gréseux (Souk-

Arrhas) ou même des grès (Béja), avec des marnes à nodules, qui ne se sont nulle part trouvées assez riches pour donner des résultats fruc-

Fig. 47. — Carte du massif du Dyr et du Dj. Kouif (d'après M. Blayac).
Échelle au 1/200.000.

tueux. Aussi les travaux entrepris au début sur cette zone, que la proximité de la ligne Constantine-Tunis désignait aussitôt à l'attention, ont-ils été, pour la plupart, abandonnés.

Région de Souk-Arrhas. Djebel-Dekma.— Cette région est la première en Algérie, où l'on ait fait une exploitation suivie de phosphates. Les travaux, portant sur des marnes à nodules (Exploitation Wetterlé), ont donné de mauvais résultats : les produits ne pouvaient atteindre 50 à 55 p. 100 qu'après un lavage coûteux; on a donc interrompu les recherches.

Il paraît y avoir, dans cette région, au-dessus des calcaires à inocérames, un premier banc phosphaté, assez riche localement, mais à caractère gréseux, surmonté par les marnes à nodules, que recouvrent elles-mêmes, ordinairement, les grès et argiles miocènes.

Région de Béja. — Le terrain éocène est très développé au Nord de Béja, dans la région qui s'étend de Béja à l'Oued-Ksob, aux Beni-Maleck et au Khanguet-el-Tout. On y trouve quelques phosphates, sous forme de grès rouges argileux ou de grès jaunes, phosphatés par places, situés au-dessous de calcaires éocènes à polypiers, eux-mêmes surmontés par des grès éocènes stériles ou par des grès pliocènes d'eau douce. Ces grès phosphatés remplacent le système des marnes feuilletées éocènes, où l'on trouve, en général, le phosphate.

Région de Tébessa, Dyr, Kouif, Aïn-Kissa, etc. — Au Sud de la première zone Est-Ouest, que nous venons d'étudier, une seconde zone, dirigée N.-E.-S.-O., va de l'extrémité de l'Aurès et de Tébessa vers Teboursouk et Béja, en comprenant les gisements de *Cheria, Kissa,* du *Dyr*, du *Kouif*, d'*Haydra, Thala, Kalaat-es-Senam, H. des Ouled Aoun, Dj. Haout, Guern-Alfaya, Le Kef, Sidi-Ayet, Dj. Gerrah, Teboursouk,* etc. C'est la zone, sur laquelle les exploitations ont été jusqu'ici les plus développées. (Voir la fig. 45, page 215.)

J'emprunterai à M. Blayac la description des phosphates du Dyr et du Kouif, au Nord-Est de Tébessa (fig. 47).

Le **Djebel-Dyr** est un immense plateau de 45 à 50 kilomètres de tour, à peu près rectangulaire et couronné par des bancs calcaires, que l'on aperçoit de très loin, car ils dominent de 7 à 800 mètres la plaine qui s'étend à l'Ouest. Son altitude varie de 1 200 à 1 500 mètres. Plus à l'Est (à 27 kil. N. E. de Tébessa), le *Djebel-Kouif* est constitué par deux plateaux presque attenants : celui d'*Aïn-el-Kébir* et celui d'*Aïn-el-Bey*. Son altitude est d'environ 1 200 mètres; il a de 15 à 18 kilomètres de tour. Au Sud du Dyr, le lambeau suessonien d'*Aïn-Kissa* est encadré par des failles.

Le crétacé, sur lequel repose le suessonien phosphaté, présente, de haut en bas, la coupe suivante :

Sénonien supérieur. Calcaires blancs à moules d'inocérames, en bancs réguliers, tendres et cassants	3 à 400 mètres.
Sénonien inférieur. Marnes vertes et grises, alternant avec de petits bancs calcaires.	80 à 100 —

Turonien	Calcaires durs dolomitiques rougeâtres à échinides : 20 à 25 mètres . . . . Calcaires marneux avec gastropodes, turritelles, etc. ; 30 mètres.	50 à 60 mètres.
Cénomanien.	Marnes calcaires très fossilifères, alternant avec des bancs calcaires souvent formés par des magmas d'ostracées	80 à 100 —

Le suessonien repose en discordance, dans deux ondulations synclinales des calcaires à inocéramus sénoniens, dont les bancs supérieurs sont souvent corrodés (fig. 48).

Conformément à la coupe générale donnée plus haut (p. 210), il comprend : à la base (A), des marnes noires, gypseuses, riches en fossiles, d'épaisseur très variable (120 mètres au Dyr, 50 mètres au Kouif) ; puis

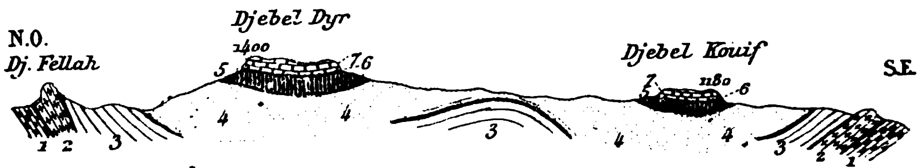


Fig. 48. — Coupe transversale N.-O.-S.-E. du Djebel-Dyr et du Dj. Kouif, d'après M. Blayac.

Échelle au 1/200.000 ; hauteurs triplées.

(B) les couches à phosphates (1,35 m.), alternant avec des calcaires blancs marneux à silex ; et, au-dessus, (C) des calcaires durs à nummulites (7) ; par exemple, dans l'exploitation Crokston, au Sud du Dyr :

7. Calcaires durs à nummulites, avec bancs compacts à rognons siliceux à la base.	80 mètres.
6. Calcaire blanc tendre à s lex, passant aux calcaires durs du dessus.	3 à 4 mètres.
5. *Couche de phosphate de chaux*.	0,50 m.
4. Calcaire blanc marneux à silex	2 à 3 mètres.
3. *Couche de phosphate de chaux*.	0,60 m.
2. Calcaire blanc marneux à rognons de silex.	4 à 5 mètres.
1. *Couche de phosphate de chaux*.	3 —

Marnes noires gypseuses, renfermant à leur base, à Aïn-Kissa, une couche de 70 à 80 centimètres de phosphate de fer, avec nombreux cristaux de gypse et dents de squales.

La couche de phosphates 1, qui a 3 mètres d'épaisseur et qui donne lieu à l'importante exploitation Crokston, est particulièrement intéressante. Elle est d'aspect grisâtre gréso-sableuse et, sur les 70 centimètres supérieurs, se charge de silice en même temps qu'elle s'appauvrit ; ce banc dur est ménagé comme toit des travaux. La teneur du reste de la couche va de 60 à 70 p. 100 de phosphate.

L'aspect de ce banc est tout à fait celui d'un dépôt littoral. On y voit

des zones blanches et gréseuses, qui s'entre-croisent. En outre, les nombreux restes de poissons, de sauriens, et de crustacés, qui s'y trouvent, semblent avoir été rejetés là par les vagues comme sur une plage.

Le banc phosphaté fait tout le tour du plateau ; mais les recherches méthodiques, exécutées en 1898 par le Service des Mines, ont malheureusement montré que, dans toute la partie Nord, il devenait trop pauvre pour être exploitable. Ces recherches renseignent, d'une façon intéressante, sur la grande variabilité de teneur de ces dépôts : variabilité toute naturelle d'ailleurs, étant donné leur origine littorale. En résumé, il y a eu, dans le Dyr, une zone extrêmement riche à 70 p. 100, qui existait, au Sud-Est, sur environ 200 mètres de long et qui a fourni 300 000 tonnes environ. Quand on s'en est écarté vers l'Ouest, on est descendu d'abord à 65 p. 100 et l'on arrive progressivement à 58. Dans tout le Nord, on n'a guère que 50 p. 100. Par contre, dans cette région Nord, au Nord-Est, on a trouvé, dans les marnes noires inférieures, un point très riche, d'environ 100 mètres de long, pouvant contenir 100 000 tonnes entre 65 et 70 p. 100 ; mais, comme l'exploitation de cette zone riche aurait demandé la construction d'un chemin de fer de 50 kilomètres, on n'a pu l'entreprendre.

En résumé, les exploitations du Dyr Sud (S[té] Crokston, convertie en S[té] française des phosphates du Dyr)[1], portent sur environ 1 200 mètres de long et fournissent à peu près 90 000 tonnes par an : ce qui leur permettra de faire concorder, avec la fin de leur amodiation vers 1910, l'épuisement de leur gisement. Elles sont reliées à la voie ferrée du Bône-Guelma par un chemin de fer de 6 kilomètres à voie de 0,60 m., un câble aérien sur 2,5 kilom. et une voie de 1 mètre sur 4 kilomètres.

Le même banc phosphaté se retrouve, plus à l'Est, dans le **Djebel-Kouif** (exploitation Jacobsen, aujourd'hui à l'Omnium), où les exploitations atteignent déjà un chiffre supérieur à celui du Dyr (environ 110.000 tonnes par an) et paraissent devoir être plus durables ; on considère qu'à l'expiration de l'amodiation, dans une dizaine d'années, le Sud seulement sera dépilé et l'Ouest restera à prendre. Les phosphates atteignent là 4,50 m., dont les trois quarts exploitables, avec de fortes teneurs, qui, pour certaines parties tendres, montent à des chiffres très élevés, et donnent une moyenne d'environ 65 p. 100. On exploite par foudroyage et l'on perd, dans les deux bancs supérieurs, des quantités importantes de phosphates à 50 p. 100, qui auraient pu constituer une ressource pour l'avenir.

Enfin, à **Aïn-Kissa**, le gisement, moins riche et plus tourmenté, pro-

[1] Cette compagnie possède, de plus, en Tunisie, la concession du *Kalaat-es-Senam*, dont il sera question plus loin, p. 226.

duit environ 50.000 tonnes, dans les exploitations de l'Omnium, qui a acquis, en grande partie, les droits de la société française des phosphates de Kissa. Là on ne trouve déjà plus la grosse couche du Dyr, mais une série de couches de 0,80 m. à 1,10 m. en nombre un peu variable (jusqu'à 6), qui semblent provenir de son dédoublement. Chaque banc a son toit formé par un banc de silex.

Au Sud-Ouest de Tébessa, et à environ 30 kilomètres du Dyr, se trouvent les phosphates du plateau de *Chéria* (près le village d'Youks), que M. Jacob a décrits en 1895 et qui étaient alors inexploités. Là également, on trouve, à la base, les calcaires à inocérames sur les marnes grises du sénonien et, au-dessus, le suessonien, débutant par des marnes noires, auxquelles succèdent les bancs phosphatés, surmontés par des calcaires blancs durs à nodules de silex. Un banc de silex caractéristique jalonne le niveau supérieur de la couche phosphatée. Suivant M. Jacob, la coupe serait identique à celle du Dyr.

Plus au Sud, le terrain suessonien s'étend sur des surfaces considérables jusqu'aux confins du Sahara et forme une longue traînée de Gafsa vers Biskra, au Nord de la dépression des Chotts. L'existence des phosphates y est considérée comme vraisemblable ; mais les difficultés de transport enlèvent, jusqu'à nouvel ordre, à cette zone, toute valeur industrielle.

Vers le Nord, au contraire, la formation de Tébessa se prolonge en gardant des caractères analogues, vers Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, les Ouartan, Djebel-Chaketma (près Sbiba), le Kef, Sidi-Ayet et Teboursouk.

Gisements de Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, des Ouartan, de Sbiba, etc. — La montagne très escarpée du *Kalaat-es-Senam* ou Guelaat-es-Snam (Kalaat, château fort, falaise), forme, d'après M. Thomas, un immense bloc calcaire rectangulaire, de plus de 50 mètres de haut, posé au sommet d'une pyramide quadrangulaire et accessible seulement par un étroit escalier, entaillé de main d'homme dans son entablement Nord.

Ce calcaire, étonnamment riche en nummulites, renferme quelques parties phosphatées. Il repose, comme dans la coupe du Dyr, sur des alternances de marnes noires avec bancs phosphatés, atteignant 10 mètres d'épaisseur ; mais, entre ces marnes et le calcaire nummulitique, s'intercale un calcaire blanc à gastropodes. Les travaux de l'Administration, en 1899, ont établi l'existence d'une couche de 1,60 m. à teneur de 60 p. 100, cubant 5 à 6 millions de tonnes.

La concession de ce gisement, situé en Tunisie, a été adjugée, en 1900, à la Cie des phosphates du Dyr, moyennant une redevance de 1,77 fr. par tonne, plus un droit d'exportation de 0,50 fr. ; mais elle ne

pourra être exploitée qu'après la construction de la voie ferrée de Pont-du-Fahs à Kalaat-es-Senam. Cette voie doit être établie prochainement.

En continuant vers le Nord-Est, on trouve une disposition analogue. Au *Kalaat-es-Djerda*, près d'Haydra, les phosphates sont riches et leur teneur paraît dépasser 60 p. 100 ; ils sont malheureusement l'objet de litiges, qui en retardent l'exploitation. Au *Kouif*, entre Tébessa et Haydra, l'épaisseur reconnue n'est que de 3 à 4 mètres.

Le gisement du *Kef-el-Massouje* fait partie d'une ligne d'affleurements de calcaire nummulitique, qui relie le Kalaat-es-Senam aux Khremensa. Un niveau phosphaté, situé sous le calcaire, ne contiendrait, d'après les premières recherches, que des minerais à moins de 50 p. 100. Au plateau des *Ouartan*, au Sud du Ksour, une large ondulation synclinale de calcaire nummulitique, dirigée perpendiculairement aux plis principaux, repose, comme partout, sur un niveau phosphaté, qui, d'après les travaux faits en 1897, présente, en un point (Djebel-Ayata, au S.-O.), 15 mètres d'épaisseur, dont une couche de 2,60 m. à 56 p. 100. Au *Djebel-Chaketma*, près de Sbiba, le Service des Mines a reconnu, en 1901-1902, une formation phosphatée d'environ 20 mètres, avec teneurs variables atteignant 60 p. 100.

Gisement du Kef. — Le gisement du Kef prolonge ceux de Tébessa et de Kalaat-es-Senam. On trouve là environ 6 mètres de couches phosphatées à 35 p. 100, à la base du vaste plateau nummulitique, qui s'étend, à l'altitude de 850 mètres, à côté de la ville du Kef et qui porte le nom de Dyr-el-Kef.

Région de Sidi-Ayet. — Les gisements de Sidi-Ayet sont situés dans la vallée de l'OuedSiliana, au Sud de Testour, à 55 kilomètres environ de la ligne de Tunis à Constantine ; ils ont, à diverses reprises, attiré l'attention, mais on n'y a encore reconnu que des bancs à moins de 45 p. 100, inexploitables.

Les couches phosphatées sont dirigées Nord-Sud avec plongement Ouest. Elles reposent sur des marnes grises gypseuses et alternent avec des bancs de calcaire, de marnes et d'argiles.

Dans le groupe le plus important de cette région, celui d'*Oued-Merire*, on a sept à huit couches sableuses d'épaisseur variable entre 0,50 m. et 0,90 m., comprenant beaucoup de nodules phosphatés et de coprolithes, qui, séparés du sable, atteignent une teneur de 60 p. 100, mais dont l'enrichissement est difficile. Ailleurs, on trouve des bancs, soit blancs, soit rougeâtres, à faible teneur de 15 à 20 p. 100 de phosphate.

Enfin, l'on connaît mal, dans la région Nord, avoisinant le cours de la *Medjerda*, les gisements du *Djebel-Skarna* (*Ouled-Aya*), du massif du *Ghorra*, près *Tebboursouk*, etc.

Gisements des environs de Gafsa (fig 49 à 51). — Dans le Sud de la Tunisie et en bordure presque immédiate de la dépression des chotts, une longue bande Est-Ouest de terrain suessonien avec phosphates s'étend, sur environ 60 kilomètres de long, entre Gafsa et Tamerza[1]. Un plissement, qui a affecté l'éocène en même temps que le crétacé, a dis-

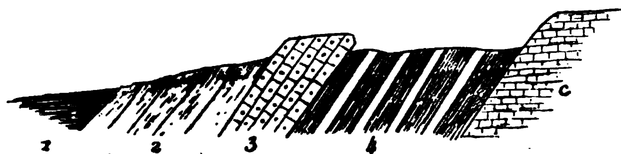


Fig. 49. — Coupe Nord-Sud sur la ligne Sud des affleurements de Gafsa, d'après M. Levat.

1, grès et sables miocènes ; 2, gypses stratifiés ; 3, calcaire coquiller ; 4, marnes et calcaire phosphatés ; c, crétacé

loqué et redressé parfois presque verticalement les couches phosphatées, marquées sur le sol par des lignes de dépression en raison de leur altérabilité plus facile par les agents atmosphériques. Ces couches phosphatées se distinguent généralement par leur couleur grisâtre ou brun verdâtre au milieu d'argiles brunes feuilletées. On a, pour les suivre, un bon jalon dans les bancs épais de calcaire à lumachelles ostréennes, qui les recouvrent et qui se continuent eux-mêmes, plus au Sud, par une puissante assise de gypse blanc, en contact avec le miocène (fig. 49 et 50).

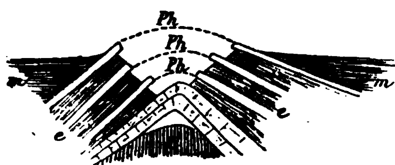


Fig. 50. — Coupe schématique à Gafsa (d'après M. Levat).

m, miocène ; e, argiles et phosphates (Ph) éocènes ; c, crétacé supérieur.

Régulier et puissant sur le flanc Sud de l'anticlinal crétacé, le niveau phosphaté paraît, au contraire, très brisé et brouillé sur son flanc Nord. Sa puissance utile est d'environ 20 à 25 mètres dans les exploitations actuelles. Elle diminue au fur et à mesure qu'on s'avance vers l'Est.

D'après une récente communication de M. Pervinquière[2], dont il a déjà été question précédemment, ce niveau phosphaté de Gafsa serait un peu plus récent que celui de Tébessa et appartiendrait à l'éocène moyen au lieu de l'éocène inférieur ; la transgression de l'éocène moyen, si marquée au Sud de Mactar, se serait étendue jusqu'à cette

[1] Voir, pour les gisements phosphatés de Tunisie, les deux cartes (fig. 45, page 215 et fig. 70, page 343).

[2] *C. R. Soc. Géol.*, 3 février 1902, p. 2; voir plus haut, p. 210.

région Sud de la Tunisie, amenant cet éocène moyen à y reposer directement sur le crétacé.

Quoi qu'il en soit, si nous revenons à la zone Sud qui constitue la partie la plus riche, elle présente, dans les exploitations actuelles, la coupe ci-jointe, c'est-à-dire qu'il y a là quatre couches principales, dont deux seulement, les couches 1 et 2, sont utilisées.

COUPE DE LA ZONE PHOSPHATÉE A LA MINE DE METLAOUI (GAFSA)
(25 à 30 mètres) (de haut en bas).

Calcaire à lumachelles		1 mètre.
Phosphate, couche n° 0		0,85 —
Conglomérats, phosphate, galets, cailloux		1,25 —
Alternances de petits bancs calcaires et de marnes		2 —
Phosphate		0,40 —
Conglomérats rouges		0,90 —
Marnes		0,60 —
Phosphate, couche n° 1.	Phosphate	2,40 —
	Lit de petits galets très espacés	
	Phosphate	0,80 —
Coquilles et boulets		0,02 —
Phosphate		0,70 —
Gros galets		
Phosphate		0,90 —
Marnes		0,15 —
Phosphate et galets		0,15 —
Marnes		0,25 —
Phosphate, couche n° 2.	Phosphate	1,10 —
	Galets	
	Phosphate	0,70 —
	Galets et phosphate	0,30 —
Marnes et alternances phosphatées		5 —
Phosphate couche n° 3		0,80 —
Marnes et petits bancs calcaires		4,50 —
Phosphate, couche n° 4.	Phosphate	0,60 —
	Calcaires et marnes	0,60 —
	Phosphate	0,80 —
Calcaire à lumachelles		

Ces couches phosphatées sont grisâtres et grenues, à structure homogène. Dans une des petites couches secondaires, on trouve, avec des quantités de dents de squales, des coprolithes atteignant parfois la grosseur d'une noix. Les marnes, qui séparent ces couches, renferment également du phosphate, mais en proportions inutilisables. Il en est de même de la lumachelle d'huîtres supérieure, qui est elle-même souvent phosphatée.

D'après une note de la Compagnie de Gafsa, la partie du gîte, sur laquelle doit porter l'exploitation, comprend quatre grands plateaux, ou tables, légèrement inclinés, séparés par des vallées, qui peuvent servir de voies d'accès. Ce sont, par ordre d'importance croissante : les tables du

Jaatcha, du *Lousif*, la *table Ouest* et enfin la table du *Metlaoui*, beaucoup plus étendue encore que toutes les autres et dont on applique souvent le nom à l'ensemble de la mine. On laisse ainsi de côté les dépôts trop inclinés du *Seldja*.

La table, dite du Lousif, dont l'accès était particulièrement aisé et dont la forme étroite et longue facilite un traçage rapide, a été tout d'abord mise en exploitation, dans les couches 1 et 2, par piliers abandonnés. Mais, à la fin de 1900, un éboulement considérable s'étant produit par le glissement des couches inclinées dans la partie Est de la table, on reporta le traçage sur la table de l'Ouest dans la seule couche n° 1, en adoptant la méthode par remblais (fig. 51).

La teneur de ces couches est élevée. M. Levat, en 1894, a évalué le cubage du gîte à 5 millions de tonnes de minerai riche entre 55 et 60 p. 100, qu'un simple triage sommaire peut élever à 60 p. 100.

Pratiquement, la couche n° 1 donne une teneur en phosphate tricalcique de 59,5 à 60,5 p. 100 ; la couche n° 2, un peu plus riche, donne 62 à 63 p. 100. Le phosphate, extrait de ces deux couches, est mélangé et fournit un produit, dont la richesse moyenne est sensiblement de 60 p. 100.

L'analyse moyenne des phosphates de la couche 1 (séchés à 100°), est la suivante : phosphate de chaux, 60 ; carbonate de chaux, 13 ; sulfate de chaux, 7 ; oxyde de fer et alumine, 1,5 ; eau combinée, 2 ; matières organiques, 4 ; résidu insoluble dans les acides, 8 ; matières diverses (sels de potasse, de soude, de magnésie, etc.), 4,5.

La difficulté industrielle pour mettre ces gisements en valeur a été longtemps la nécessité de construire un chemin de fer d'environ 250 kilomètres pour les relier au port de Sfax, qu'il fallait aménager.

En 1895, le gouvernement tunisien ayant traité la question du port de Sfax avec la Compagnie des ports de Tunis et de Sousse, ouvrit une adjudication, à la suite de laquelle la Compagnie de Gafsa fut déclarée concessionnaire par décret beylical du 20 août 1896, dans les conditions suivantes :

La Compagnie a obtenu le droit exclusif d'exploiter les phosphates, pendant soixante ans, sur une zone d'environ 50 kilomètres de long et 10 de large, entre Gafsa et la frontière algérienne, plus un domaine de 30.000 hectares aboutissant au kilomètre 50 de la ligne. En revanche, elle s'engageait à construire le chemin de fer de Gafsa à Sfax à raison de 25 kilomètres par mois, et à payer une redevance fixée à 1 franc par tonne jusqu'à 150.000 tonnes, avec tarif décroissant pour le surplus.

Le chemin de fer, rapidement construit, a pu être inauguré le 26 avril 1899 et, en même temps, on a commencé l'exploitation du Metlaoui sur les couches 1 et 2. Cette exploitation occupe actuellement aux mines environ 1.200 hommes (dont un tiers d'Européens), payés :



Fig. 51. — Exploitation de la Compagnie des phosphates de Gafsa. Vue générale de la Table du Lousif (Djebel-Metlaoui) en 1900.

les Européens, 4 à 5 francs par jour ; les indigènes, 2 à 3 francs. La production monte, en 1902, à environ 22 ou 25.000 tonnes par mois.

Le phosphate extrait de la mine n'est soumis à aucun enrichisse-

ment ; mais il doit, comme les phosphates d'Algérie, subir, avant d'être expédié, un séchage préalable, afin d'être plus facilement broyé et tamisé dans les usines. Les fabricants de superphosphates, qui absorbent presque entièrement la production de Gafsa, exigent, en effet, une teneur minima de 5 p. 100 d'eau.

Ce séchage, assez compliqué quand il s'agit de manipuler un millier de tonnes par jour, se fait, pendant l'été, à l'air libre, en étalant le phosphate sur des surfaces de 4 hectares, aménagées à cet effet comme les *floors* diamantifères de Kimberley. Le phosphate y est étalé au soleil sur 0,30 m. d'épaisseur et retourné et labouré pendant plusieurs jours : ce qui ramène la teneur d'eau au-dessous de 3 p. 100.

En hiver, on opère dans des fours tournants et des fours à grille fixe. Une fois sec, le phosphate est mis en dépôt et exporté par trains de 250 tonnes à Sfax, où la Compagnie dispose maintenant de magasins pouvant contenir 30.000 tonnes. Les phosphates sont exportés, soit en France, soit en Italie, Angleterre, Hollande et Allemagne. Ils ont, pour l'industrie des superphosphates, l'avantage de renfermer peu de carbonate de chaux.

A l'Est du gisement de Gafsa, le gîte du *Djebel-Zebbeus* est actuellement exploré par la même compagnie et paraît renfermer des parties riches à 60 p. 100, très intéressantes.

A 30 kil. environ au Sud de l'Oued Seldja, on retrouve, au *Khanguet-Jellabia* et au *Djebel-Sehib*, des gisements analogues à ceux de Gafsa, encore mal reconnus. Suivant M. Levat, la partie Sud du Djebel-Sehib présenterait environ 3 mètres d'épaisseur de phosphates sur 8 kilomètres de long.

Vers l'Ouest, les cartes géologiques indiquent le prolongement du suessonien, avec une grande extension, vers Biskra ; mais on n'a pas encore signalé de phosphates dans cette région.

Région de Nasser-Allah, au Sud-Ouest de Kairouan. — Au Sud-Ouest et à l'Ouest de Kairouan, il existe une dernière zone phosphatée Nord-Sud, qui va converger avec les précédentes dans la direction de Tunis. Cette zone comprend *Nasser-Allah*, *Djebel-Doussala*, etc.

Les phosphates de Kairouan ont été étudiés avec soin, en raison des facilités d'exploitation qu'offrait la ligne de Kairouan à Sousse. Ils ne dépassent pas, à l'état brut, une teneur de 45 p. 100, mais peuvent s'enrichir par lavage.

Comme conditions géologiques, on retrouve, ainsi qu'à Kalaat-es-Senam et dans la Tunisie centrale, un couronnement de calcaire nummulitique sur un niveau de calcaire blanc à gastropodes, recouvrant les phosphates, avec marnes jaunes et noires à la base. Les coprolithes sont parfois très abondants.

Région de Souk-Arrhas. Djebel-Dekma.— Cette région est la première en Algérie, où l'on ait fait une exploitation suivie de phosphates. Les travaux, portant sur des marnes à nodules (Exploitation Wetterlé), ont donné de mauvais résultats : les produits ne pouvaient atteindre 50 à 55 p. 100 qu'après un lavage coûteux; on a donc interrompu les recherches.

Il paraît y avoir, dans cette région, au-dessus des calcaires à inocérames, un premier banc phosphaté, assez riche localement, mais à caractère gréseux, surmonté par les marnes à nodules, que recouvrent elles-mêmes, ordinairement, les grès et argiles miocènes.

Région de Béja. — Le terrain éocène est très développé au Nord de Béja, dans la région qui s'étend de Béja à l'Oued-Ksob, aux Beni-Maleck et au Khanguet-el-Tout. On y trouve quelques phosphates, sous forme de grès rouges argileux ou de grès jaunes, phosphatés par places, situés au-dessous de calcaires éocènes à polypiers, eux-mêmes surmontés par des grès éocènes stériles ou par des grès pliocènes d'eau douce. Ces grès phosphatés remplacent le système des marnes feuilletées éocènes, où l'on trouve, en général, le phosphate.

Région de Tébessa, Dyr, Kouif, Aïn-Kissa, etc. — Au Sud de la première zone Est-Ouest, que nous venons d'étudier, une seconde zone, dirigée N.-E.-S.-O., va de l'extrémité de l'Aurès et de Tébessa vers Teboursouk et Béja, en comprenant les gisements de *Cheria*, *Kissa*, du *Dyr*, du *Kouif*, d'*Haydra*, *Thala*, *Kalaat-es-Senam*, *H. des Ouled Aoun*, *Dj. Haout*, *Guern-Alfaya*, *Le Kef*, *Sidi-Ayet*, *Dj. Gerrah*, *Teboursouk*, etc. C'est la zone, sur laquelle les exploitations ont été jusqu'ici les plus développées. (Voir la fig. 45, page 215.)

J'emprunterai à M. Blayac la description des phosphates du Dyr et du Kouif, au Nord-Est de Tébessa (fig. 47).

Le **Djebel-Dyr** est un immense plateau de 45 à 50 kilomètres de tour, à peu près rectangulaire et couronné par des bancs calcaires, que l'on aperçoit de très loin, car ils dominent de 7 à 800 mètres la plaine qui s'étend à l'Ouest. Son altitude varie de 1 200 à 1 500 mètres. Plus à l'Est (à 27 kil. N. E. de Tébessa), le *Djebel-Kouif* est constitué par deux plateaux presque attenants : celui d'*Aïn-el-Kébir* et celui d'*Aïn-el-Bey*. Son altitude est d'environ 1 200 mètres; il a de 15 à 18 kilomètres de tour. Au Sud du Dyr, le lambeau suessonien d'*Aïn-Kissa* est encadré par des failles.

Le crétacé, sur lequel repose le suessonien phosphaté, présente, de haut en bas, la coupe suivante :

Sénonien supérieur. Calcaires blancs à moules d'inocérames, en bancs réguliers, tendres et cassants	3 à 400 mètres.
Sénonien inférieur. Marnes vertes et grises, alternant avec de petits bancs calcaires.	80 à 100 —

Turonien	Calcaires durs dolomitiques rougeâtres à échinides : 20 à 25 mètres . . . . Calcaires marneux avec gastropodes, turritelles, etc. ; 30 mètres.	50 à 60 mètres.
Cénomanien.	Marnes calcaires très fossilifères, alternant avec des bancs calcaires souvent formés par des magmas d'ostracées	80 à 100 —

Le suessonien repose en discordance, dans deux ondulations synclinales des calcaires à inocéramus sénoniens, dont les bancs supérieurs sont souvent corrodés (fig. 48).

Conformément à la coupe générale donnée plus haut (p. 210), il comprend : à la base (A), des marnes noires, gypseuses, riches en fossiles, d'épaisseur très variable (120 mètres au Dyr, 50 mètres au Kouif) ; puis

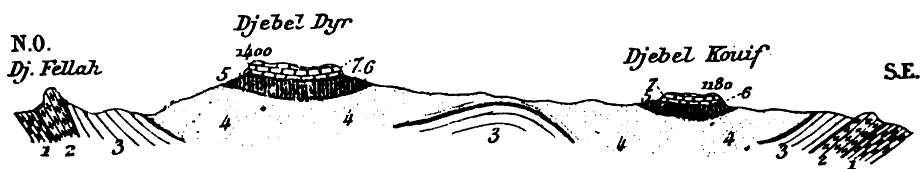


Fig. 48. — Coupe transversale N.-O.-S.-E. du Djebel-Dyr et du Dj. Kouif, d'après M. Blayac.

Échelle au 1/200.000 ; hauteurs triplées.

(B) les couches à phosphates (1,35 m.), alternant avec des calcaires blancs marneux à silex ; et, au-dessus, (C) des calcaires durs à nummulites (7) ; par exemple, dans l'exploitation Crokston, au Sud du Dyr :

7. Calcaires durs à nummulites, avec bancs compacts à rognons siliceux à la base.	80 mètres.
6. Calcaire blanc tendre à s lex, passant aux calcaires durs du dessus.	3 à 4 mètres.
5. *Couche de phosphate de chaux*.	0,50 m.
4. Calcaire blanc marneux à silex	2 à 3 mètres.
3. *Couche de phosphate de chaux*.	0,60 m.
2. Calcaire blanc marneux à rognons de silex.	4 à 5 mètres.
1. *Couche de phosphate de chaux*.	3 —

Marnes noires gypseuses, renfermant à leur base, à Aïn-Kissa, une couche de 70 à 80 centimètres de phosphate de fer, avec nombreux cristaux de gypse et dents de squales.

La couche de phosphates 1, qui a 3 mètres d'épaisseur et qui donne lieu à l'importante exploitation Crokston, est particulièrement intéressante. Elle est d'aspect grisâtre gréso-sableuse et, sur les 70 centimètres supérieurs, se charge de silice en même temps qu'elle s'appauvrit ; ce banc dur est ménagé comme toit des travaux. La teneur du reste de la couche va de 60 à 70 p. 100 de phosphate.

L'aspect de ce banc est tout à fait celui d'un dépôt littoral. On y voit

des zones blanches et gréseuses, qui s'entre-croisent. En outre, les nombreux restes de poissons, de sauriens, et de crustacés, qui s'y trouvent, semblent avoir été rejetés là par les vagues comme sur une plage.

Le banc phosphaté fait tout le tour du plateau ; mais les recherches méthodiques, exécutées en 1898 par le Service des Mines, ont malheureusement montré que, dans toute la partie Nord, il devenait trop pauvre pour être exploitable. Ces recherches renseignent, d'une façon intéressante, sur la grande variabilité de teneur de ces dépôts : variabilité toute naturelle d'ailleurs, étant donné leur origine littorale. En résumé, il y a eu, dans le Dyr, une zone extrêmement riche à 70 p. 100, qui existait, au Sud-Est, sur environ 200 mètres de long et qui a fourni 300 000 tonnes environ. Quand on s'en est écarté vers l'Ouest, on est descendu d'abord à 65 p. 100 et l'on arrive progressivement à 58. Dans tout le Nord, on n'a guère que 50 p. 100. Par contre, dans cette région Nord, au Nord-Est, on a trouvé, dans les marnes noires inférieures, un point très riche, d'environ 100 mètres de long, pouvant contenir 100 000 tonnes entre 65 et 70 p. 100 ; mais, comme l'exploitation de cette zone riche aurait demandé la construction d'un chemin de fer de 50 kilomètres, on n'a pu l'entreprendre.

En résumé, les exploitations du Dyr Sud (S[té] Crokston, convertie en S[té] française des phosphates du Dyr)[1], portent sur environ 1 200 mètres de long et fournissent à peu près 90 000 tonnes par an : ce qui leur permettra de faire concorder, avec la fin de leur amodiation vers 1910, l'épuisement de leur gisement. Elles sont reliées à la voie ferrée du Bône-Guelma par un chemin de fer de 6 kilomètres à voie de 0,60 m., un câble aérien sur 2,5 kilom. et une voie de 1 mètre sur 4 kilomètres.

Le même banc phosphaté se retrouve, plus à l'Est, dans le **Djebel-Kouif** (exploitation Jacobsen, aujourd'hui à l'Omnium), où les exploitations atteignent déjà un chiffre supérieur à celui du Dyr (environ 110.000 tonnes par an) et paraissent devoir être plus durables ; on considère qu'à l'expiration de l'amodiation, dans une dizaine d'années, le Sud seulement sera dépilé et l'Ouest restera à prendre. Les phosphates atteignent là 4,50 m., dont les trois quarts exploitables, avec de fortes teneurs, qui, pour certaines parties tendres, montent à des chiffres très élevés, et donnent une moyenne d'environ 65 p. 100. On exploite par foudroyage et l'on perd, dans les deux bancs supérieurs, des quantités importantes de phosphates à 50 p. 100, qui auraient pu constituer une ressource pour l'avenir.

Enfin, à **Aïn-Kissa**, le gisement, moins riche et plus tourmenté, pro-

[1] Cette compagnie possède, de plus, en Tunisie, la concession du *Kalaat-ès-Sénam*, dont il sera question plus loin, p. 226.

duit environ 50.000 tonnes, dans les exploitations de l'Omnium, qui a acquis, en grande partie, les droits de la société française des phosphates de Kissa. Là on ne trouve déjà plus la grosse couche du Dyr, mais une série de couches de 0,80 m. à 1,10 m. en nombre un peu variable (jusqu'à 6), qui semblent provenir de son dédoublement. Chaque banc a son toit formé par un banc de silex.

Au Sud-Ouest de Tébessa, et à environ 30 kilomètres du Dyr, se trouvent les phosphates du plateau de *Chéria* (près le village d'Youks), que M. Jacob a décrits en 1895 et qui étaient alors inexploités. Là également, on trouve, à la base, les calcaires à inocérames sur les marnes grises du sénonien et, au-dessus, le suessonien, débutant par des marnes noires, auxquelles succèdent les bancs phosphatés, surmontés par des calcaires blancs durs à nodules de silex. Un banc de silex caractéristique jalonne le niveau supérieur de la couche phosphatée. Suivant M. Jacob, la coupe serait identique à celle du Dyr.

Plus au Sud, le terrain suessonien s'étend sur des surfaces considérables jusqu'aux confins du Sahara et forme une longue traînée de Gafsa vers Biskra, au Nord de la dépression des Chotts. L'existence des phosphates y est considérée comme vraisemblable ; mais les difficultés de transport enlèvent, jusqu'à nouvel ordre, à cette zone, toute valeur industrielle.

Vers le Nord, au contraire, la formation de Tébessa se prolonge en gardant des caractères analogues, vers Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, les Ouartan, Djebel-Chaketma (près Sbiba), le Kef, Sidi-Ayet et Teboursouk.

Gisements de Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, des Ouartan, de Sbiba, etc. — La montagne très escarpée du *Kalaat-es-Senam* ou Guelaat-es-Snam (Kalaat, château fort, falaise), forme, d'après M. Thomas, un immense bloc calcaire rectangulaire, de plus de 50 mètres de haut, posé au sommet d'une pyramide quadrangulaire et accessible seulement par un étroit escalier, entaillé de main d'homme dans son entablement Nord.

Ce calcaire, étonnamment riche en nummulites, renferme quelques parties phosphatées. Il repose, comme dans la coupe du Dyr, sur des alternances de marnes noires avec bancs phosphatés, atteignant 10 mètres d'épaisseur ; mais, entre ces marnes et le calcaire nummulitique, s'intercale un calcaire blanc à gastropodes. Les travaux de l'Administration, en 1899, ont établi l'existence d'une couche de 1,60 m. à teneur de 60 p. 100, cubant 5 à 6 millions de tonnes.

La concession de ce gisement, situé en Tunisie, a été adjugée, en 1900, à la Cie des phosphates du Dyr, moyennant une redevance de 1,77 fr. par tonne, plus un droit d'exportation de 0,50 fr. ; mais elle ne

pourra être exploitée qu'après la construction de la voie ferrée de Pont-du-Fahs à Kalaat-es-Senam. Cette voie doit être établie prochainement.

En continuant vers le Nord-Est, on trouve une disposition analogue. Au *Kalaat-es-Djerda*, près d'Haydra, les phosphates sont riches et leur teneur paraît dépasser 60 p. 100 ; ils sont malheureusement l'objet de litiges, qui en retardent l'exploitation. Au *Kouif*, entre Tébessa et Haydra, l'épaisseur reconnue n'est que de 3 à 4 mètres.

Le gisement du *Kef-el-Massouje* fait partie d'une ligne d'affleurements de calcaire nummulitique, qui relie le Kalaat-es-Senam aux Khremensa. Un niveau phosphaté, situé sous le calcaire, ne contiendrait, d'après les premières recherches, que des minerais à moins de 50 p. 100. Au plateau des *Ouartan*, au Sud du Ksour, une large ondulation synclinale de calcaire nummulitique, dirigée perpendiculairement aux plis principaux, repose, comme partout, sur un niveau phosphaté, qui, d'après les travaux faits en 1897, présente, en un point (Djebel-Ayata, au S.-O.), 15 mètres d'épaisseur, dont une couche de 2,60 m. à 56 p. 100. Au *Djebel-Chaketma*, près de Sbiba, le Service des Mines a reconnu, en 1901-1902, une formation phosphatée d'environ 20 mètres, avec teneurs variables atteignant 60 p. 100.

Gisement du Kef. — Le gisement du Kef prolonge ceux de Tébessa et de Kalaat-es-Senam. On trouve là environ 6 mètres de couches phosphatées à 35 p. 100, à la base du vaste plateau nummulitique, qui s'étend, à l'altitude de 850 mètres, à côté de la ville du Kef et qui porte le nom de Dyr-el-Kef.

Région de Sidi-Ayet. — Les gisements de Sidi-Ayet sont situés dans la vallée de l'OuedSiliana, au Sud de Testour, à 55 kilomètres environ de la ligne de Tunis à Constantine ; ils ont, à diverses reprises, attiré l'attention, mais on n'y a encore reconnu que des bancs à moins de 45 p. 100, inexploitables.

Les couches phosphatées sont dirigées Nord-Sud avec plongement Ouest. Elles reposent sur des marnes grises gypseuses et alternent avec des bancs de calcaire, de marnes et d'argiles.

Dans le groupe le plus important de cette région, celui d'*Oued-Merire*, on a sept à huit couches sableuses d'épaisseur variable entre 0,50 m. et 0,90 m., comprenant beaucoup de nodules phosphatés et de coprolithes, qui, séparés du sable, atteignent une teneur de 60 p. 100, mais dont l'enrichissement est difficile. Ailleurs, on trouve des bancs, soit blancs, soit rougeâtres, à faible teneur de 15 à 20 p. 100 de phosphate.

Enfin, l'on connaît mal, dans la région Nord, avoisinant le cours de la *Medjerda*, les gisements du *Djebel-Skarna* (*Ouled-Aya*), du massif du *Ghorra*, près *Teboursouk*, etc.

Gisements des environs de Gafsa (fig 49 à 51). — Dans le Sud de la Tunisie et en bordure presque immédiate de la dépression des chotts, une longue bande Est-Ouest de terrain suessonien avec phosphates s'étend, sur environ 60 kilomètres de long, entre Gafsa et Tamerza[1]. Un plissement, qui a affecté l'éocène en même temps que le crétacé, a disloqué et redressé parfois presque verticalement les couches phosphatées, marquées sur le sol par des lignes de dépression en raison de leur altérabilité plus facile par les agents atmosphériques. Ces couches phosphatées se distinguent généralement par leur couleur grisâtre ou brun verdâtre au milieu d'argiles brunes feuilletées. On a, pour les suivre, un bon jalon dans les bancs épais de calcaire à lumachelles ostréennes, qui les recouvrent et qui se continuent eux-mêmes, plus au Sud, par une puissante assise de gypse blanc, en contact avec le miocène (fig. 49 et 50). Régulier et puissant sur le flanc Sud de l'anticlinal crétacé, le niveau phosphaté paraît, au contraire, très brisé et brouillé sur son flanc Nord. Sa puissance utile est d'environ 20 à 25 mètres dans les exploitations actuelles. Elle diminue au fur et à mesure qu'on s'avance vers l'Est.

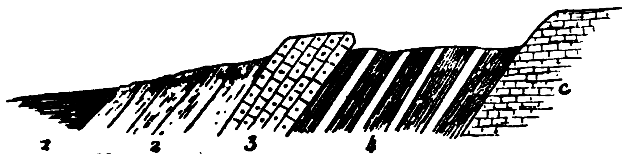


Fig. 49. — Coupe Nord-Sud sur la ligne Sud des affleurements de Gafsa, d'après M. LEVAT.

1, grès et sables miocènes ; 2, gypses stratifiés ; 3, calcaire coquiller ; 4, marnes et calcaire phosphatés ; c, crétacé

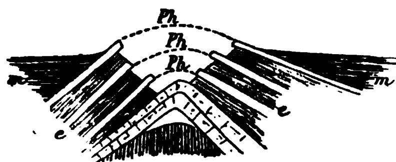


Fig. 50. — Coupe schématique à Gafsa (d'après M. LEVAT).

m, miocène ; e, argiles et phosphates (Ph) éocènes ; c, crétacé supérieur.

D'après une récente communication de M. Pervinquière[2], dont il a déjà été question précédemment, ce niveau phosphaté de Gafsa serait un peu plus récent que celui de Tébessa et appartiendrait à l'éocène moyen au lieu de l'éocène inférieur ; la transgression de l'éocène moyen, si marquée au Sud de Mactar, se serait étendue jusqu'à cette

[1] Voir, pour les gisements phosphatés de Tunisie, les deux cartes (fig. 45, page 215 et fig. 70, page 343).

[2] *C. R. Soc. Géol.*, 3 février 1902, p. 2; voir plus haut, p. 210.

région Sud de la Tunisie, amenant cet éocène moyen à y reposer directement sur le crétacé.

Quoi qu'il en soit, si nous revenons à la zone Sud qui constitue la parie la plus riche, elle présente, dans les exploitations actuelles, la coupe ci-jointe, c'est-à-dire qu'il y a là quatre couches principales, dont deux seulement, les couches 1 et 2, sont utilisées.

COUPE DE LA ZONE PHOSPHATÉE A LA MINE DE METLAOUI (GAFSA)
(25 à 30 mètres) (de haut en bas).

Calcaire à lumachelles		1 mètre.
Phosphate, couche n° 0		0,85 —
Conglomérats, phosphate, galets, cailloux		1,25 —
Alternances de petits bancs calcaires et de marnes		2 —
Phosphate		0,40 —
Conglomérats rouges		0,90 —
Marnes		0,60 —
Phosphate, couche n° 1	Phosphate	2,40 —
	Lit de petits galets très espacés	
	Phosphate	0,80 —
Coquilles et boulets		0,02 —
Phosphate		0,70 —
Gros galets		
Phosphate		0,90 —
Marnes		0,15 —
Phosphate et galets		0,15 —
Marnes		0,25 —
Phosphate, couche n° 2	Phosphate	1,10 —
	Galets	
	Phosphate	0,70 —
	Galets et phosphate	0,30 —
Marnes et alternances phosphatées		5 —
Phosphate couche n° 3		0,80 —
Marnes et petits bancs calcaires		4,50 —
Phosphate, couche n° 4	Phosphate	0,60 —
	Calcaires et marnes	0,60 —
	Phosphate	0,80 —
Calcaire à lumachelles		

Ces couches phosphatées sont grisâtres et grenues, à structure homogène. Dans une des petites couches secondaires, on trouve, avec des quantités de dents de squales, des coprolithes atteignant parfois la grosseur d'une noix. Les marnes, qui séparent ces couches, renferment également du phosphate, mais en proportions inutilisables. Il en est de même de la lumachelle d'huîtres supérieure, qui est elle-même souvent phosphatée.

D'après une note de la Compagnie de Gafsa, la partie du gîte, sur laquelle doit porter l'exploitation, comprend quatre grands plateaux, ou tables, légèrement inclinés, séparés par des vallées, qui peuvent servir de voies d'accès. Ce sont, par ordre d'importance croissante : les tables du

de la plupart de ces gisements avait bien des chances pour être triasique[1].

On considère donc maintenant qu'une formation saline lagunaire s'est déposée, pendant le trias, sur la longueur de l'Algérie, au-dessus d'un soubassement primaire (schistes cristallins, gneiss, silurien problématique, permien possible dans l'Ouest, etc.), qui reparaît en quelques points sur le littoral. Cette formation, recouverte postérieurement par des terrains d'âges divers, a dû se trouver plissée en même temps qu'eux au moment des grands mouvements tertiaires, qui ont affecté toute la région (probablement après le suessonien inférieur, près de Constantine) et, suivant les saillies anticlinales, des lambeaux ont été violemment ramenés au jour, parfois même déversés dans des plis couchés, dont nous verrons un bel exemple aux environs de Constantine. Ces anticlinaux s'étant, en même temps, prêtés à l'ascension des roches éruptives, on s'explique la connexion fréquente des gypses ou sels triasiques avec les ophites, qui, d'après diverses observations, sont, elles, au contraire, postérieures au lias moyen dans la province d'Oran et, sans doute, même tertiaires. En même temps, le métamorphisme de contact a amené, près de ces ophites, la cristallisation de tous les minéraux anormaux, que l'on observe au milieu des gypses, dans des conditions que M. Lacroix a bien débrouillées pour les ophites pyrénéennes traversant des calcaires[2].

Gypses et sels se prêtent, d'ailleurs, — on en a la preuve un peu partout (Transylvanie, Galicie, etc.), — d'une façon très spéciale, à ces dislocations du sol. D'une part, ils se comportent comme des noyaux durs au milieu de feuillets schisteux ou marneux relativement friables, ayant, par suite, une tendance à les perforer; de l'autre, ils offrent, par le fait de leur redissolution et de leur recristallisation faciles, une plasticité analogue à celle que l'on démontre chez la glace par une expérience de physique classique. Une fois disloqués, ils se reconsolident par la circulation des eaux salines minéralisantes dans toutes leurs fissures.

Ces phénomènes, déjà difficiles à démêler, se trouvent encore compliqués par la multitude de réactions secondaires, de remises en mouvement, etc., que l'on doit attendre avec ces substances solubles et qui se manifestent par leur cristallisation dans des fissures, ou dans des dépressions voisines du premier amas, par leur réaction épigénique sur des bancs de calcaire. Leur dissolution partielle laisse des vides, qui amè-

[1] Il existe, en outre, dans la province de Constantine, un niveau salin dans des marnes de l'oligocène inférieur; mais son importance est très restreinte. Ces marnes oligocènes sont caractérisées par des hélices dentées.

[2] Voir aussi Lacroix. *Minéralogie de la France*, I, p. 309, sur les tourmalines dans les gypses.

Région de Souk-Arrhas. Djebel-Dekma.— Cette région est la première en Algérie, où l'on ait fait une exploitation suivie de phosphates. Les travaux, portant sur des marnes à nodules (Exploitation Wetterlé), ont donné de mauvais résultats : les produits ne pouvaient atteindre 50 à 55 p. 100 qu'après un lavage coûteux; on a donc interrompu les recherches.

Il paraît y avoir, dans cette région, au-dessus des calcaires à inocérames, un premier banc phosphaté, assez riche localement, mais à caractère gréseux, surmonté par les marnes à nodules, que recouvrent elles-mêmes, ordinairement, les grès et argiles miocènes.

Région de Béja. — Le terrain éocène est très développé au Nord de Béja, dans la région qui s'étend de Béja à l'Oued-Ksob, aux Beni-Maleck et au Khanguet-el-Tout. On y trouve quelques phosphates, sous forme de grès rouges argileux ou de grès jaunes, phosphatés par places, situés au-dessous de calcaires éocènes à polypiers, eux-mêmes surmontés par des grès éocènes stériles ou par des grès pliocènes d'eau douce. Ces grès phosphatés remplacent le système des marnes feuilletées éocènes, où l'on trouve, en général, le phosphate.

Région de Tébessa, Dyr, Kouif, Aïn-Kissa, etc. — Au Sud de la première zone Est-Ouest, que nous venons d'étudier, une seconde zone, dirigée N.-E.-S.-O., va de l'extrémité de l'Aurès et de Tébessa vers Teboursouk et Béja, en comprenant les gisements de *Cheria, Kissa,* du *Dyr*, du *Kouif*, d'*Haydra, Thala, Kalaat-es-Senam, H. des Ouled Aoun, Dj. Haout, Guern-Alfaya, Le Kef, Sidi-Ayet, Dj. Gerrah, Teboursouk,* etc. C'est la zone, sur laquelle les exploitations ont été jusqu'ici les plus développées. (Voir la fig. 45, page 215.)

J'emprunterai à M. Blayac la description des phosphates du Dyr et du Kouif, au Nord-Est de Tébessa (fig. 47).

Le **Djebel-Dyr** est un immense plateau de 45 à 50 kilomètres de tour, à peu près rectangulaire et couronné par des bancs calcaires, que l'on aperçoit de très loin, car ils dominent de 7 à 800 mètres la plaine qui s'étend à l'Ouest. Son altitude varie de 1 200 à 1 500 mètres. Plus à l'Est (à 27 kil. N. E. de Tébessa), le *Djebel-Kouif* est constitué par deux plateaux presque attenants : celui d'*Aïn-el-Kébir* et celui d'*Aïn-el-Bey*. Son altitude est d'environ 1 200 mètres; il a de 15 à 18 kilomètres de tour. Au Sud du Dyr, le lambeau suessonien d'*Aïn-Kissa* est encadré par des failles.

Le crétacé, sur lequel repose le suessonien phosphaté, présente, de haut en bas, la coupe suivante :

Sénonien supérieur. Calcaires blancs à moules d'inocérames, en bancs réguliers, tendres et cassants	3 à 400 mètres.
Sénonien inférieur. Marnes vertes et grises, alternant avec de petits bancs calcaires.	80 à 100 —

Turonien	Calcaires durs dolomitiques rougeâtres à échinides : 20 à 25 mètres . . . . Calcaires marneux avec gastropodes, turritelles, etc. ; 30 mètres.	50 à 60 mètres.
Cénomanien.	Marnes calcaires très fossilifères, alternant avec des bancs calcaires souvent formés par des magmas d'ostracées	80 à 100 —

Le suessonien repose en discordance, dans deux ondulations synclinales des calcaires à inocéramus sénoniens, dont les bancs supérieurs sont souvent corrodés (fig. 48).

Conformément à la coupe générale donnée plus haut (p. 210), il comprend : à la base (A), des marnes noires, gypseuses, riches en fossiles, d'épaisseur très variable (120 mètres au Dyr, 50 mètres au Kouif) ; puis

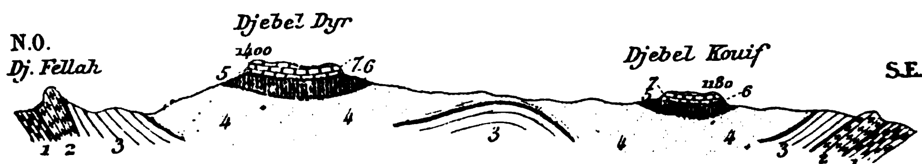


Fig. 48. — Coupe transversale N.-O.-S.-E. du Djebel-Dyr et du Dj. Kouif, d'après M. Blayac.

Échelle au 1/200.000 ; hauteurs triplées.

(B) les couches à phosphates (1,35 m.), alternant avec des calcaires blancs marneux à silex ; et, au-dessus, (C) des calcaires durs à nummulites (7) ; par exemple, dans l'exploitation Crokston, au Sud du Dyr :

7. Calcaires durs à nummulites, avec bancs compacts à rognons siliceux à la base.	80 mètres.
6. Calcaire blanc tendre à silex, passant aux calcaires durs du dessus.	3 à 4 mètres.
5. *Couche de phosphate de chaux*.	0,50 m.
4. Calcaire blanc marneux à silex	2 à 3 mètres.
3. *Couche de phosphate de chaux*.	0,60 m.
2. Calcaire blanc marneux à rognons de silex.	4 à 5 mètres.
1. *Couche de phosphate de chaux*.	3 —

Marnes noires gypseuses, renfermant à leur base, à Aïn-Kissa, une couche de 70 à 80 centimètres de phosphate de fer, avec nombreux cristaux de gypse et dents de squales.

La couche de phosphates 1, qui a 3 mètres d'épaisseur et qui donne lieu à l'importante exploitation Crokston, est particulièrement intéressante. Elle est d'aspect grisâtre gréso-sableuse et, sur les 70 centimètres supérieurs, se charge de silice en même temps qu'elle s'appauvrit ; ce banc dur est ménagé comme toit des travaux. La teneur du reste de la couche va de 60 à 70 p. 100 de phosphate.

L'aspect de ce banc est tout à fait celui d'un dépôt littoral. On y voit

des zones blanches et gréseuses, qui s'entre-croisent. En outre, les nombreux restes de poissons, de sauriens, et de crustacés, qui s'y trouvent, semblent avoir été rejetés là par les vagues comme sur une plage.

Le banc phosphaté fait tout le tour du plateau ; mais les recherches méthodiques, exécutées en 1898 par le Service des Mines, ont malheureusement montré que, dans toute la partie Nord, il devenait trop pauvre pour être exploitable. Ces recherches renseignent, d'une façon intéressante, sur la grande variabilité de teneur de ces dépôts : variabilité toute naturelle d'ailleurs, étant donné leur origine littorale. En résumé, il y a eu, dans le Dyr, une zone extrêmement riche à 70 p. 100, qui existait, au Sud-Est, sur environ 200 mètres de long et qui a fourni 300 000 tonnes environ. Quand on s'en est écarté vers l'Ouest, on est descendu d'abord à 65 p. 100 et l'on arrive progressivement à 58. Dans tout le Nord, on n'a guère que 50 p. 100. Par contre, dans cette région Nord, au Nord-Est, on a trouvé, dans les marnes noires inférieures, un point très riche, d'environ 100 mètres de long, pouvant contenir 100 000 tonnes entre 65 et 70 p. 100 ; mais, comme l'exploitation de cette zone riche aurait demandé la construction d'un chemin de fer de 50 kilomètres, on n'a pu l'entreprendre.

En résumé, les exploitations du Dyr Sud (S^té Crokston, convertie en S^té française des phosphates du Dyr)[1], portent sur environ 1 200 mètres de long et fournissent à peu près 90 000 tonnes par an : ce qui leur permettra de faire concorder, avec la fin de leur amodiation vers 1910, l'épuisement de leur gisement. Elles sont reliées à la voie ferrée du Bône-Guelma par un chemin de fer de 6 kilomètres à voie de 0,60 m., un câble aérien sur 2,5 kilom. et une voie de 1 mètre sur 4 kilomètres.

Le même banc phosphaté se retrouve, plus à l'Est, dans le **Djebel-Kouif** (exploitation Jacobsen, aujourd'hui à l'Omnium), où les exploitations atteignent déjà un chiffre supérieur à celui du Dyr (environ 110.000 tonnes par an) et paraissent devoir être plus durables ; on considère qu'à l'expiration de l'amodiation, dans une dizaine d'années, le Sud seulement sera dépilé et l'Ouest restera à prendre. Les phosphates atteignent là 4,50 m., dont les trois quarts exploitables, avec de fortes teneurs, qui, pour certaines parties tendres, montent à des chiffres très élevés, et donnent une moyenne d'environ 65 p. 100. On exploite par foudroyage et l'on perd, dans les deux bancs supérieurs, des quantités importantes de phosphates à 50 p. 100, qui auraient pu constituer une ressource pour l'avenir.

Enfin, à **Aïn-Kissa**, le gisement, moins riche et plus tourmenté, pro-

[1] Cette compagnie possède, de plus, en Tunisie, la concession du *Kalaat-es-Sénam*, dont il sera question plus loin, p. 226.

duit environ 50.000 tonnes, dans les exploitations de l'Omnium, qui a acquis, en grande partie, les droits de la société française des phosphates de Kissa. Là on ne trouve déjà plus la grosse couche du Dyr, mais une série de couches de 0,80 m. à 1,10 m. en nombre un peu variable (jusqu'à 6), qui semblent provenir de son dédoublement. Chaque banc a son toit formé par un banc de silex.

Au Sud-Ouest de Tébessa, et à environ 30 kilomètres du Dyr, se trouvent les phosphates du plateau de *Chéria* (près le village d'Youks), que M. Jacob a décrits en 1895 et qui étaient alors inexploités. Là également, on trouve, à la base, les calcaires à inocérames sur les marnes grises du sénonien et, au-dessus, le suessonien, débutant par des marnes noires, auxquelles succèdent les bancs phosphatés, surmontés par des calcaires blancs durs à nodules de silex. Un banc de silex caractéristique jalonne le niveau supérieur de la couche phosphatée. Suivant M. Jacob, la coupe serait identique à celle du Dyr.

Plus au Sud, le terrain suessonien s'étend sur des surfaces considérables jusqu'aux confins du Sahara et forme une longue traînée de Gafsa vers Biskra, au Nord de la dépression des Chotts. L'existence des phosphates y est considérée comme vraisemblable ; mais les difficultés de transport enlèvent, jusqu'à nouvel ordre, à cette zone, toute valeur industrielle.

Vers le Nord, au contraire, la formation de Tébessa se prolonge en gardant des caractères analogues, vers Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, les Ouartan, Djebel-Chaketma (près Sbiba), le Kef, Sidi-Ayet et Teboursouk.

Gisements de Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, des Ouartan, de Sbiba, etc. — La montagne très escarpée du *Kalaat-es-Senam* ou Guelaat-es-Snam (Kalaat, château fort, falaise), forme, d'après M. Thomas, un immense bloc calcaire rectangulaire, de plus de 50 mètres de haut, posé au sommet d'une pyramide quadrangulaire et accessible seulement par un étroit escalier, entaillé de main d'homme dans son entablement Nord.

Ce calcaire, étonnamment riche en nummulites, renferme quelques parties phosphatées. Il repose, comme dans la coupe du Dyr, sur des alternances de marnes noires avec bancs phosphatés, atteignant 10 mètres d'épaisseur ; mais, entre ces marnes et le calcaire nummulitique, s'intercale un calcaire blanc à gastropodes. Les travaux de l'Administration, en 1899, ont établi l'existence d'une couche de 1,60 m. à teneur de 60 p. 100, cubant 5 à 6 millions de tonnes.

La concession de ce gisement, situé en Tunisie, a été adjugée, en 1900, à la Cie des phosphates du Dyr, moyennant une redevance de 1,77 fr. par tonne, plus un droit d'exportation de 0,50 fr. ; mais elle ne

pourra être exploitée qu'après la construction de la voie ferrée de Pont-du-Fahs à Kalaat-es-Senam. Cette voie doit être établie prochainement.

En continuant vers le Nord-Est, on trouve une disposition analogue. Au *Kalaat-es-Djerda*, près d'Haydra, les phosphates sont riches et leur teneur paraît dépasser 60 p. 100 ; ils sont malheureusement l'objet de litiges, qui en retardent l'exploitation. Au *Kouif*, entre Tébessa et Haydra, l'épaisseur reconnue n'est que de 3 à 4 mètres.

Le gisement du *Kef-el-Massouje* fait partie d'une ligne d'affleurements de calcaire nummulitique, qui relie le Kalaat-es-Senam aux Khremensa. Un niveau phosphaté, situé sous le calcaire, ne contiendrait, d'après les premières recherches, que des minerais à moins de 50 p. 100. Au plateau des *Ouartan*, au Sud du Ksour, une large ondulation synclinale de calcaire nummulitique, dirigée perpendiculairement aux plis principaux, repose, comme partout, sur un niveau phosphaté, qui, d'après les travaux faits en 1897, présente, en un point (Djebel-Ayata, au S.-O.), 15 mètres d'épaisseur, dont une couche de 2,60 m. à 56 p. 100. Au *Djebel-Chaketma*, près de Sbiba, le Service des Mines a reconnu, en 1901-1902, une formation phosphatée d'environ 20 mètres, avec teneurs variables atteignant 60 p. 100.

Gisement du Kef. — Le gisement du Kef prolonge ceux de Tébessa et de Kalaat-es-Senam. On trouve là environ 6 mètres de couches phosphatées à 35 p. 100, à la base du vaste plateau nummulitique, qui s'étend, à l'altitude de 850 mètres, à côté de la ville du Kef et qui porte le nom de Dyr-el-Kef.

Région de Sidi-Ayet. — Les gisements de Sidi-Ayet sont situés dans la vallée de l'OuedSiliana, au Sud de Testour, à 55 kilomètres environ de la ligne de Tunis à Constantine ; ils ont, à diverses reprises, attiré l'attention, mais on n'y a encore reconnu que des bancs à moins de 45 p. 100, inexploitables.

Les couches phosphatées sont dirigées Nord-Sud avec plongement Ouest. Elles reposent sur des marnes grises gypseuses et alternent avec des bancs de calcaire, de marnes et d'argiles.

Dans le groupe le plus important de cette région, celui d'*Oued-Merire*, on a sept à huit couches sableuses d'épaisseur variable entre 0,50 m. et 0,90 m., comprenant beaucoup de nodules phosphatés et de coprolithes, qui, séparés du sable, atteignent une teneur de 60 p. 100, mais dont l'enrichissement est difficile. Ailleurs, on trouve des bancs, soit blancs, soit rougeâtres, à faible teneur de 15 à 20 p. 100 de phosphate.

Enfin, l'on connaît mal, dans la région Nord, avoisinant le cours de la *Medjerda*, les gisements du *Djebel-Skarna* (*Ouled-Aya*), du massif du *Ghorra*, près *Teboursouk*, etc.

gnent souvent ces amas de gypse. Par exemple, l'ophite de l'*Oued-Chouck*, à 14 kil. S. de Souk-Arrhas, renferme de nombreuses lamelles d'oligiste, avec quelques indices cuivreux.

Ces mêmes dépôts gypseux de Souk-Arrhas doivent se prolonger dans l'Est de la vallée tunisienne de la Medjerda et dans celle de l'Oued Mellègue.

Il semble qu'ils reposent sur des schistes cristallins avec bancs à glaucophanes et soient recouverts directement par du sénonien.

La seule exploitation de plâtre, qui présente de l'importance en *Tunisie* est celle de *Tebourba*, reliée par un embranchement particulier à la ligne de Tunis à Bône.

En moyenne, à 100 ou 150 kil. S. de cette première zone triasique saline, on en trouve une seconde, immédiatement mise en évidence sur une carte par cette longue traînée presque continue de Chotts, généralement salés, qui commence au *Chott el-Charbi* et au *Chott el-Chergui* à l'Ouest, entre Tlemcen et Aïn-Sefra, et se termine aux Chotts des Hauts-Plateaux, entre Batna et Tébessa. Pour ces derniers seulement, la démonstration a été clairement faite que l'origine de leur salure est due, non, comme on l'avait jadis supposé, à quelque fond de mer évaporé, mais au simple lessivage des terrains triasiques voisins. Ceux d'entre eux, qui ne reçoivent que des eaux douces ayant circulé sur des calcaires, sont, en effet, exempts de sel.

Les principaux des Chotts salés sont, de l'Ouest à l'Est : le *Chott el-Charbi, Ch. des Hamian, Chott el-Chergui, Zahrez-Rarbi, Zahrez Chergui, Ch. el-Hodna;* puis, sur le plateau qui s'étend au Nord de l'Aurès, entre Batna et Aïn-Beida, à environ 800 ou 1.000 mètres d'altitude : le *Tinecilt* (4 kil. sur 5), le *Zemoul* (7 kil. sur 9), le *Guerrah el-Marzel* (4 kil. sur 3), l'*Ank el-Djemel* (10 kil. sur 7), le *Guéliff,* le *Tharf* (18 kil. sur 12), le *Djendli.*

Ces derniers Chotts sont, d'après M. Blayac, alimentés par le terrain triasique marno-gypseux et, en partie, par des terrains lacustres oligocènes, eux aussi légèrement salés. Certains d'entre eux renferment assez de sel pour qu'on l'exploite : ainsi le Zemoul, l'Ank el Djemel. Leur profondeur d'eau la plus grande ne dépasse guère 2 mètres. Seul, le Djendli, très faiblement salé et encaissé entre des falaises abruptes, est rarement à sec. Dans la même région, des lacs, alimentés par des rivières qui ont circulé sur des massifs exclusivement calcaires, ne renferment, comme je le faisais remarquer plus haut, que de l'eau douce.

Au sud de cette ligne de Chotts, les amas gypso-salins et les sources salées, alimentées par d'autres amas souterrains, sont nombreux.

Citons seulement, avec M. Lacroix, les amas salins d'*Aïn-Ouerkal* (41 kil. E., 2° S. d'Aïn Sefra), de l'*Oued Cheria* (40 kil. S. de Geryville),

du *Djebel Malah* (52 kil., 15° O. d'Aflou), du *Khang el-Melah* (au Sud d'Aflou, sur la route de Laghouat).

Plus au Nord, entre les deux lacs salés du Zahrez Rharbi, et du Zahrez Chergui, qu'il alimente, à 23 kil. N.-N.-O. de Djelfa, il existe un autre rocher de sel fameux, le *Khang* (ou Rhang) *el-Melah* (Djebel Sahari), dont les escarpements atteignent 35 mètres de hauteur[1].

La forme du Khang el Melah, qui a été décrite par M. Ville, est très bizarre; on peut se le représenter comme un cône raviné et éventré par des ravins. Au centre d'une plaine d'alluvions, surgit un massif crétacé, entouré par du miocène en stratification discordante. C'est au centre de cet affleurement crétacé que se trouve le pointement de sel. La coupe de M. Ville montre une série de récifs de sel ruiniformes, surmontés souvent d'un lambeau d'argile et demeurés debout par un phénomène analogue à celui des Erd Pyramiden. Des fragments de marnes crétacées se sont trouvés englobés dans le sel. En outre, les circulations d'eaux souterraines ont creusé de grandes cavités tapissées de stalactites de sel. Des sources salées sortent du rocher.

Au Sud, un autre gisement semblable se nomme l'*Aïn-Hadjura*.

Le sel de ces affleurements est très pur et présente des masses considérables. Suivant M. Ville, le seul cubage des dépôts apportés par l'Oued Melah dans des bassins sans issue ne donnerait pas moins de 250 millions de tonnes.

De même, 200 kil. plus à l'O., près de Biskra, la montagne de sel d'*El-Outaïa* (un peu au nord de Biskra, sur la ligne de Constantine), forme une masse puissante de gypse et de sel gemme, au milieu de laquelle apparaissent, de place en place, des débris ou des paquets de couches stratifiées, disloqués, dont les calcaires sont plus ou moins modifiés et imprégnés de cristaux de quartz et de gypse. Autour de cette masse, les calcaires sénoniens se montrent fortement relevés. C'est encore là, très probablement, d'après MM. Ficheur et Blayac, un affleurement du trias.

Sur le prolongement de la zone algérienne, les gisements salins se poursuivent, soit vers l'Ouest au Maroc, soit vers l'Est, en Tripolitaine, dans le désert de Lybie et en Égypte.

Au **Maroc**[2], on exploite de vastes carrières de sel gemme, au nord de *Fez* (ou Fâs), de l'autre côté de la vallée du Sebou, dans le tertiaire moyen. Il en existe d'autres près *Hajar el-Wacsif* et des collines de sel à *Laalouah,* près de Casa blanca (sur la côte Ouest), ainsi qu'à

[1] M. Ville avait décrit autrefois ce gisement comme miocène.

[2] Budgett Meakin. *The mineral Resources of Marocco.* — Th. Fischer. *Die Bodenschätze Maroccos.*

Demnat, dans l'Atlas (80 kil. E. de Marocco). On signale, de plus : de nombreuses eaux salées dans la plaine de *Maroc* (Marrakesh, Marocco) et à *Abda ;* des sources salées à *Wazzan*, sur le chemin d'El-Kasar ; un lac salé de 10 à 12 kil. de diamètre, à *Zeemah* (ou Sîma), province d'Ahman, à 78 kil. S.-E. du port de Safi, dans la direction de Mogador.

Le gypse est également exploité, en divers points, pour fournir le plâtre, qui joue, on le sait, un grand rôle dans la décoration arabe. Enfin, l'on signale du salpêtre près de *Maroc* et, 200 kil. plus au Sud-Est, à *Tarudant*.

Vers l'Est, au contraire, nous trouvons d'abord, au sud de la **Tunisie**, entre Biskra et Gabès, la zone des *grands Chotts salés tunisiens*, qui ont donné lieu à tous les anciens projets de mer intérieure : *Chott Melrir* (ou Melghigh), *Chott Achichina*, *Chott Garsa*, *Chott el-Djerid* (ou des Palmes), *Chott el-Fedjedj*[1] (ou des Passages).

Dans l'Ouest, le *Chott Melghigh* avait surtout servi de base aux projets Roudaire.

Le *Chott Garsa*, qui est à cheval sur l'Algérie et la Tunisie, est tout entier au-dessous du niveau de la mer.

Dans l'Est, il ne reste d'eau permanente, dit-on, que dans la partie centrale du *Chott el-Djerid ;* mais cette nappe liquide ne se voit pas : elle est recouverte d'une croûte saline, sur laquelle les pas résonnent, comme sur une route. Par-dessus cette croûte, des eaux superficielles occupent momentanément les dépressions et se déplacent sous l'action du vent. Parfois, la croûte de sel se fend et une partie de ces eaux disparaissent en profondeur ; ailleurs, elle se soulève, au contraire, sous la pression des eaux profondes et forme des sortes d'îles. Au sud du *lac Fedjedj*, dans la région voisine de *Nefzaoua*, se trouvent de nombreuses sources thermales et un gouffre de profondeur inconnue.

Au Nord, ces Chotts orientaux sont limités par les falaises, dites *Ech Cherb*, ou falaises des Lèvres.

Enfin, près de la côte, se trouvent des sebkas salées, telles que la *Sebka el-Melah*, en face l'île de Djerba, assimilables aux étangs côtiers du Languedoc.

Dans la **Tripolitaine**, il y a également une zone bien classique de dépressions salées. C'est celle qui sépare l'antique Cyrénaïque du désert Lybien, entre le golfe de la grande Syrte et l'oasis de Jupiter Ammon (Oase Sinah). Là, se trouvent, au-dessous du niveau de la Méditerranée, des lacs amers, avec des couches de sel, gypse, salpêtre, magnésie, etc., que l'on considère comme les produits d'un bras de mer récemment asséché et au sujet desquels on a mis en avant

[1] Voir Reclus. T. II, p. 167 à 174. la description de ces Chotts, avec carte et vue. et Tissot (Bull. Soc. géogr., juillet 1879).

Région de Souk-Arrhas. Djebel-Dekma.— Cette région est la première en Algérie, où l'on ait fait une exploitation suivie de phosphates. Les travaux, portant sur des marnes à nodules (Exploitation Wetterlé), ont donné de mauvais résultats : les produits ne pouvaient atteindre 50 à 55 p. 100 qu'après un lavage coûteux; on a donc interrompu les recherches.

Il paraît y avoir, dans cette région, au-dessus des calcaires à inocérames, un premier banc phosphaté, assez riche localement, mais à caractère gréseux, surmonté par les marnes à nodules, que recouvrent elles-mêmes, ordinairement, les grès et argiles miocènes.

Région de Béja. — Le terrain éocène est très développé au Nord de Béja, dans la région qui s'étend de Béja à l'Oued-Ksob, aux Beni-Maleck et au Khanguet-el-Tout. On y trouve quelques phosphates, sous forme de grès rouges argileux ou de grès jaunes, phosphatés par places, situés au-dessous de calcaires éocènes à polypiers, eux-mêmes surmontés par des grès éocènes stériles ou par des grès pliocènes d'eau douce. Ces grès phosphatés remplacent le système des marnes feuilletées éocènes, où l'on trouve, en général, le phosphate.

Région de Tébessa, Dyr, Kouif, Aïn-Kissa, etc. — Au Sud de la première zone Est-Ouest, que nous venons d'étudier, une seconde zone, dirigée N.-E.-S.-O., va de l'extrémité de l'Aurès et de Tébessa vers Teboursouk et Béja, en comprenant les gisements de *Cheria*, *Kissa,* du *Dyr*, du *Kouif*, d'*Haydra*, *Thala*, *Kalaat-es-Senam*, *H. des Ouled Aoun*, *Dj. Haout*, *Guern-Alfaya*, *Le Kef*, *Sidi-Ayet*, *Dj. Gerrah*, *Teboursouk*, etc. C'est la zone, sur laquelle les exploitations ont été jusqu'ici les plus développées. (Voir la fig. 45, page 215.)

J'emprunterai à M. Blayac la description des phosphates du Dyr et du Kouif, au Nord-Est de Tébessa (fig. 47).

Le **Djebel-Dyr** est un immense plateau de 45 à 50 kilomètres de tour, à peu près rectangulaire et couronné par des bancs calcaires, que l'on aperçoit de très loin, car ils dominent de 7 à 800 mètres la plaine qui s'étend à l'Ouest. Son altitude varie de 1200 à 1500 mètres. Plus à l'Est (à 27 kil. N. E. de Tébessa), le *Djebel-Kouif* est constitué par deux plateaux presque attenants : celui d'*Aïn-el-Kébir* et celui d'*Aïn-el-Bey*. Son altitude est d'environ 1 200 mètres; il a de 15 à 18 kilomètres de tour. Au Sud du Dyr, le lambeau suessonien d'*Aïn-Kissa* est encadré par des failles.

Le crétacé, sur lequel repose le suessonien phosphaté, présente, de haut en bas, la coupe suivante :

Sénonien supérieur. Calcaires blancs à moules d'inocérames, en bancs réguliers, tendres et cassants	3 à 400 mètres.
Sénonien inférieur. Marnes vertes et grises, alternant avec de petits bancs calcaires.	80 à 100 —

Turonien	Calcaires durs dolomitiques rougeâtres à échinides : 20 à 25 mètres . . . . Calcaires marneux avec gastropodes, turritelles, etc. ; 30 mètres.	50 à 60 mètres.
Cénomanien.	Marnes calcaires très fossilifères, alternant avec des bancs calcaires souvent formés par des magmas d'ostracées	80 à 100 —

Le suessonien repose en discordance, dans deux ondulations synclinales des calcaires à inocéramus sénoniens, dont les bancs supérieurs sont souvent corrodés (fig. 48).

Conformément à la coupe générale donnée plus haut (p. 210), il comprend : à la base (A), des marnes noires, gypseuses, riches en fossiles, d'épaisseur très variable (120 mètres au Dyr, 50 mètres au Kouif) ; puis

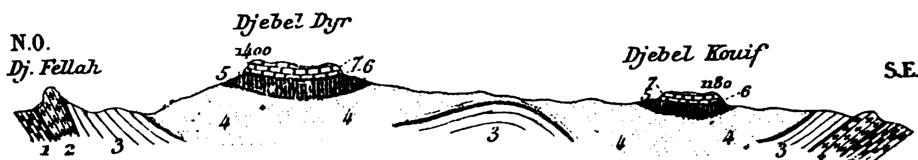


Fig. 48. — Coupe transversale N.-O.-S.-E. du Djebel-Dyr et du Dj. Kouif, d'après M. Blayac.

Échelle au 1/200.000 ; hauteurs triplées.

(B) les couches à phosphates (1,35 m.), alternant avec des calcaires blancs marneux à silex ; et, au-dessus, (C) des calcaires durs à nummulites (7) ; par exemple, dans l'exploitation Crokston, au Sud du Dyr :

7. Calcaires durs à nummulites, avec bancs compacts à rognons siliceux à la base.	80 mètres.
6. Calcaire blanc tendre à s lex, passant aux calcaires durs du dessus.	3 à 4 mètres.
5. *Couche de phosphate de chaux*.	0,50 m.
4. Calcaire blanc marneux à silex	2 à 3 mètres.
3. *Couche de phosphate de chaux*.	0,60 m.
2. Calcaire blanc marneux à rognons de silex.	4 à 5 mètres.
1. *Couche de phosphate de chaux*.	3 —

Marnes noires gypseuses, renfermant à leur base, à Aïn-Kissa, une couche de 70 à 80 centimètres de phosphate de fer, avec nombreux cristaux de gypse et dents de squales.

La couche de phosphates 1, qui a 3 mètres d'épaisseur et qui donne lieu à l'importante exploitation Crokston, est particulièrement intéressante. Elle est d'aspect grisâtre gréso-sableuse et, sur les 70 centimètres supérieurs, se charge de silice en même temps qu'elle s'appauvrit ; ce banc dur est ménagé comme toit des travaux. La teneur du reste de la couche va de 60 à 70 p. 100 de phosphate.

L'aspect de ce banc est tout à fait celui d'un dépôt littoral. On y voit

des zones blanches et gréseuses, qui s'entre-croisent. En outre, les nombreux restes de poissons, de sauriens, et de crustacés, qui s'y trouvent, semblent avoir été rejetés là par les vagues comme sur une plage.

Le banc phosphaté fait tout le tour du plateau ; mais les recherches méthodiques, exécutées en 1898 par le Service des Mines, ont malheureusement montré que, dans toute la partie Nord, il devenait trop pauvre pour être exploitable. Ces recherches renseignent, d'une façon intéressante, sur la grande variabilité de teneur de ces dépôts : variabilité toute naturelle d'ailleurs, étant donné leur origine littorale. En résumé, il y a eu, dans le Dyr, une zone extrêmement riche à 70 p. 100, qui existait, au Sud-Est, sur environ 200 mètres de long et qui a fourni 300 000 tonnes environ. Quand on s'en est écarté vers l'Ouest, on est descendu d'abord à 65 p. 100 et l'on arrive progressivement à 58. Dans tout le Nord, on n'a guère que 50 p. 100. Par contre, dans cette région Nord, au Nord-Est, on a trouvé, dans les marnes noires inférieures, un point très riche, d'environ 100 mètres de long, pouvant contenir 100 000 tonnes entre 65 et 70 p. 100 ; mais, comme l'exploitation de cette zone riche aurait demandé la construction d'un chemin de fer de 50 kilomètres, on n'a pu l'entreprendre.

En résumé, les exploitations du Dyr Sud (S^{té} Crokston, convertie en S^{té} française des phosphates du Dyr)[1], portent sur environ 1 200 mètres de long et fournissent à peu près 90 000 tonnes par an : ce qui leur permettra de faire concorder, avec la fin de leur amodiation vers 1910, l'épuisement de leur gisement. Elles sont reliées à la voie ferrée du Bône-Guelma par un chemin de fer de 6 kilomètres à voie de 0,60 m., un câble aérien sur 2,5 kilom. et une voie de 1 mètre sur 4 kilomètres.

Le même banc phosphaté se retrouve, plus à l'Est, dans le **Djebel-Kouif** (exploitation Jacobsen, aujourd'hui à l'Omnium), où les exploitations atteignent déjà un chiffre supérieur à celui du Dyr (environ 110.000 tonnes par an) et paraissent devoir être plus durables ; on considère qu'à l'expiration de l'amodiation, dans une dizaine d'années, le Sud seulement sera dépilé et l'Ouest restera à prendre. Les phosphates atteignent là 4,50 m., dont les trois quarts exploitables, avec de fortes teneurs, qui, pour certaines parties tendres, montent à des chiffres très élevés, et donnent une moyenne d'environ 65 p. 100. On exploite par foudroyage et l'on perd, dans les deux bancs supérieurs, des quantités importantes de phosphates à 50 p. 100, qui auraient pu constituer une ressource pour l'avenir.

Enfin, à **Aïn-Kissa**, le gisement, moins riche et plus tourmenté, pro-

[1] Cette compagnie possède, de plus, en Tunisie, la concession du *Kalaat-ès-Sénam*, dont il sera question plus loin, p. 226.

duit environ 50.000 tonnes, dans les exploitations de l'Omnium, qui a acquis, en grande partie, les droits de la société française des phosphates de Kissa. Là on ne trouve déjà plus la grosse couche du Dyr, mais une série de couches de 0,80 m. à 1,10 m. en nombre un peu variable (jusqu'à 6), qui semblent provenir de son dédoublement. Chaque banc a son toit formé par un banc de silex.

Au Sud-Ouest de Tébessa, et à environ 30 kilomètres du Dyr, se trouvent les phosphates du plateau de *Chéria* (près le village d'Youks), que M. Jacob a décrits en 1895 et qui étaient alors inexploités. Là également, on trouve, à la base, les calcaires à inocérames sur les marnes grises du sénonien et, au-dessus, le suessonien, débutant par des marnes noires, auxquelles succèdent les bancs phosphatés, surmontés par des calcaires blancs durs à nodules de silex. Un banc de silex caractéristique jalonne le niveau supérieur de la couche phosphatée. Suivant M. Jacob, la coupe serait identique à celle du Dyr.

Plus au Sud, le terrain suessonien s'étend sur des surfaces considérables jusqu'aux confins du Sahara et forme une longue traînée de Gafsa vers Biskra, au Nord de la dépression des Chotts. L'existence des phosphates y est considérée comme vraisemblable ; mais les difficultés de transport enlèvent, jusqu'à nouvel ordre, à cette zone, toute valeur industrielle.

Vers le Nord, au contraire, la formation de Tébessa se prolonge en gardant des caractères analogues, vers Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, les Ouartan, Djebel-Chaketma (près Sbiba), le Kef, Sidi-Ayet et Teboursouk.

Gisements de Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, des Ouartan, de Sbiba, etc. — La montagne très escarpée du *Kalaat-es-Senam* ou Guelaat-es-Snam (Kalaat, château fort, falaise), forme, d'après M. Thomas, un immense bloc calcaire rectangulaire, de plus de 50 mètres de haut, posé au sommet d'une pyramide quadrangulaire et accessible seulement par un étroit escalier, entaillé de main d'homme dans son entablement Nord.

Ce calcaire, étonnamment riche en nummulites, renferme quelques parties phosphatées. Il repose, comme dans la coupe du Dyr, sur des alternances de marnes noires avec bancs phosphatés, atteignant 10 mètres d'épaisseur ; mais, entre ces marnes et le calcaire nummulitique, s'intercale un calcaire blanc à gastropodes. Les travaux de l'Administration, en 1899, ont établi l'existence d'une couche de 1,60 m. à teneur de 60 p. 100, cubant 5 à 6 millions de tonnes.

La concession de ce gisement, situé en Tunisie, a été adjugée, en 1900, à la Cie des phosphates du Dyr, moyennant une redevance de 1,77 fr. par tonne, plus un droit d'exportation de 0,50 fr. ; mais elle ne

pourra être exploitée qu'après la construction de la voie ferrée de Pont-du-Fahs à Kalaat-es-Senam. Cette voie doit être établie prochainement.

En continuant vers le Nord-Est, on trouve une disposition analogue. Au *Kalaat-es-Djerda*, près d'Haydra, les phosphates sont riches et leur teneur paraît dépasser 60 p. 100 ; ils sont malheureusement l'objet de litiges, qui en retardent l'exploitation. Au *Kouif*, entre Tébessa et Haydra, l'épaisseur reconnue n'est que de 3 à 4 mètres.

Le gisement du *Kef-el-Massouje* fait partie d'une ligne d'affleurements de calcaire nummulitique, qui relie le Kalaat-es-Senam aux Khremensa. Un niveau phosphaté, situé sous le calcaire, ne contiendrait, d'après les premières recherches, que des minerais à moins de 50 p. 100. Au plateau des *Ouartan*, au Sud du Ksour, une large ondulation synclinale de calcaire nummulitique, dirigée perpendiculairement aux plis principaux, repose, comme partout, sur un niveau phosphaté, qui, d'après les travaux faits en 1897, présente, en un point (Djebel-Ayata, au S.-O.), 15 mètres d'épaisseur, dont une couche de 2,60 m. à 56 p. 100. Au *Djebel-Chaketma*, près de Sbiba, le Service des Mines a reconnu, en 1901-1902, une formation phosphatée d'environ 20 mètres, avec teneurs variables atteignant 60 p. 100.

Gisement du Kef. — Le gisement du Kef prolonge ceux de Tébessa et de Kalaat-es-Senam. On trouve là environ 6 mètres de couches phosphatées à 35 p. 100, à la base du vaste plateau nummulitique, qui s'étend, à l'altitude de 850 mètres, à côté de la ville du Kef et qui porte le nom de Dyr-el-Kef.

Région de Sidi-Ayet. — Les gisements de Sidi-Ayet sont situés dans la vallée de l'OuedSiliana, au Sud de Testour, à 55 kilomètres environ de la ligne de Tunis à Constantine ; ils ont, à diverses reprises, attiré l'attention, mais on n'y a encore reconnu que des bancs à moins de 45 p. 100, inexploitables.

Les couches phosphatées sont dirigées Nord-Sud avec plongement Ouest. Elles reposent sur des marnes grises gypseuses et alternent avec des bancs de calcaire, de marnes et d'argiles.

Dans le groupe le plus important de cette région, celui d'*Oued-Merire*, on a sept à huit couches sableuses d'épaisseur variable entre 0,50 m. et 0,90 m., comprenant beaucoup de nodules phosphatés et de coprolithes, qui, séparés du sable, atteignent une teneur de 60 p. 100, mais dont l'enrichissement est difficile. Ailleurs, on trouve des bancs, soit blancs, soit rougeâtres, à faible teneur de 15 à 20 p. 100 de phosphate.

Enfin, l'on connaît mal, dans la région Nord, avoisinant le cours de la *Medjerda*, les gisements du *Djebel-Skarna* (*Ouled-Aya*), du massif du *Ghorra*, près *Teboursouk*, etc.

Gisements des environs de Gafsa (fig. 49 à 51). — Dans le Sud de la Tunisie et en bordure presque immédiate de la dépression des chotts, une longue bande Est-Ouest de terrain suessonien avec phosphates s'étend, sur environ 60 kilomètres de long, entre Gafsa et Tamerza[1]. Un plissement, qui a affecté l'éocène en même temps que le crétacé, a dis-

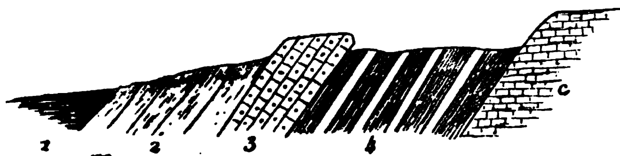


Fig. 49. — Coupe Nord-Sud sur la ligne Sud des affleurements de Gafsa, d'après M. Levat.

1, grès et sables miocènes ; 2, gypses stratifiés ; 3, calcaire coquiller ; 4, marnes et calcaire phosphatés ; c, crétacé

loqué et redressé parfois presque verticalement les couches phosphatées, marquées sur le sol par des lignes de dépression en raison de leur altérabilité plus facile par les agents atmosphériques. Ces couches phosphatées se distinguent généralement par leur couleur grisâtre ou brun verdâtre au milieu d'argiles brunes feuilletées. On a, pour les suivre, un bon jalon dans les bancs épais de calcaire à lumachelles ostréennes, qui les recouvrent et qui se continuent eux-mêmes, plus au Sud, par une puissante assise de gypse blanc, en contact avec le miocène (fig. 49 et 50). Régulier et puissant sur le flanc Sud de l'anticlinal crétacé, le niveau phosphaté paraît, au contraire, très brisé et brouillé sur son flanc Nord. Sa puissance utile est d'environ 20 à 25 mètres dans les exploitations actuelles. Elle diminue au fur et à mesure qu'on s'avance vers l'Est.

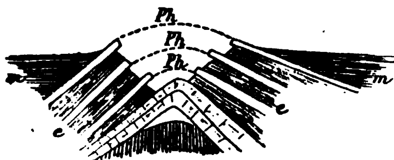


Fig. 50. — Coupe schématique à Gafsa (d'après M. Levat).

m, miocène ; e, argiles et phosphates (Ph) éocènes ; c, crétacé supérieur.

D'après une récente communication de M. Pervinquière[2], dont il a déjà été question précédemment, ce niveau phosphaté de Gafsa serait un peu plus récent que celui de Tébessa et appartiendrait à l'éocène moyen au lieu de l'éocène inférieur ; la transgression de l'éocène moyen, si marquée au Sud de Mactar, se serait étendue jusqu'à cette

[1] Voir, pour les gisements phosphatés de Tunisie, les deux cartes (fig. 45, page 215 et fig. 70, page 343).

[2] *C. R. Soc. Géol.*, 3 février 1902, p. 2; voir plus haut, p. 210.

région Sud de la Tunisie, amenant cet éocène moyen à y reposer directement sur le crétacé.

Quoi qu'il en soit, si nous revenons à la zone Sud qui constitue la partie la plus riche, elle présente, dans les exploitations actuelles, la coupe ci-jointe, c'est-à-dire qu'il y a là quatre couches principales, dont deux seulement, les couches 1 et 2, sont utilisées.

COUPE DE LA ZONE PHOSPHATÉE A LA MINE DE METLAOUI (GAFSA)
(25 à 30 mètres) (de haut en bas).

Calcaire à lumachelles		1 mètre.
Phosphate, couche n° 0		0,85 —
Conglomérats, phosphate, galets, cailloux		1,25 —
Alternances de petits bancs calcaires et de marnes		2 —
Phosphate		0,40 —
Conglomérats rouges		0,90 —
Marnes		0,60 —
Phosphate, couche n° 1	Phosphate	2,40 —
	Lit de petits galets très espacés	
	Phosphate	0,80 —
Coquilles et boulets		0,02 —
Phosphate		0,70 —
Gros galets		
Phosphate		0,90 —
Marnes		0,15 —
Phosphate et galets		0,15 —
Marnes		0,25 —
Phosphate, couche n° 2	Phosphate	1,10 —
	Galets	
	Phosphate	0,70 —
	Galets et phosphate	0,30 —
Marnes et alternances phosphatées		5 —
Phosphate couche n° 3		0,80 —
Marnes et petits bancs calcaires		4,50 —
Phosphate, couche n° 4	Phosphate	0,60 —
	Calcaires et marnes	0,60 —
	Phosphate	0,80 —
Calcaire à lumachelles		

Ces couches phosphatées sont grisâtres et grenues, à structure homogène. Dans une des petites couches secondaires, on trouve, avec des quantités de dents de squales, des coprolithes atteignant parfois la grosseur d'une noix. Les marnes, qui séparent ces couches, renferment également du phosphate, mais en proportions inutilisables. Il en est de même de la lumachelle d'huîtres supérieure, qui est elle-même souvent phosphatée.

D'après une note de la Compagnie de Gafsa, la partie du gîte, sur laquelle doit porter l'exploitation, comprend quatre grands plateaux, ou tables, légèrement inclinés, séparés par des vallées, qui peuvent servir de voies d'accès. Ce sont, par ordre d'importance croissante : les tables du

Arrhas) ou même des grès (Béja), avec des marnes à nodules, qui ne se sont nulle part trouvées assez riches pour donner des résultats fruc-

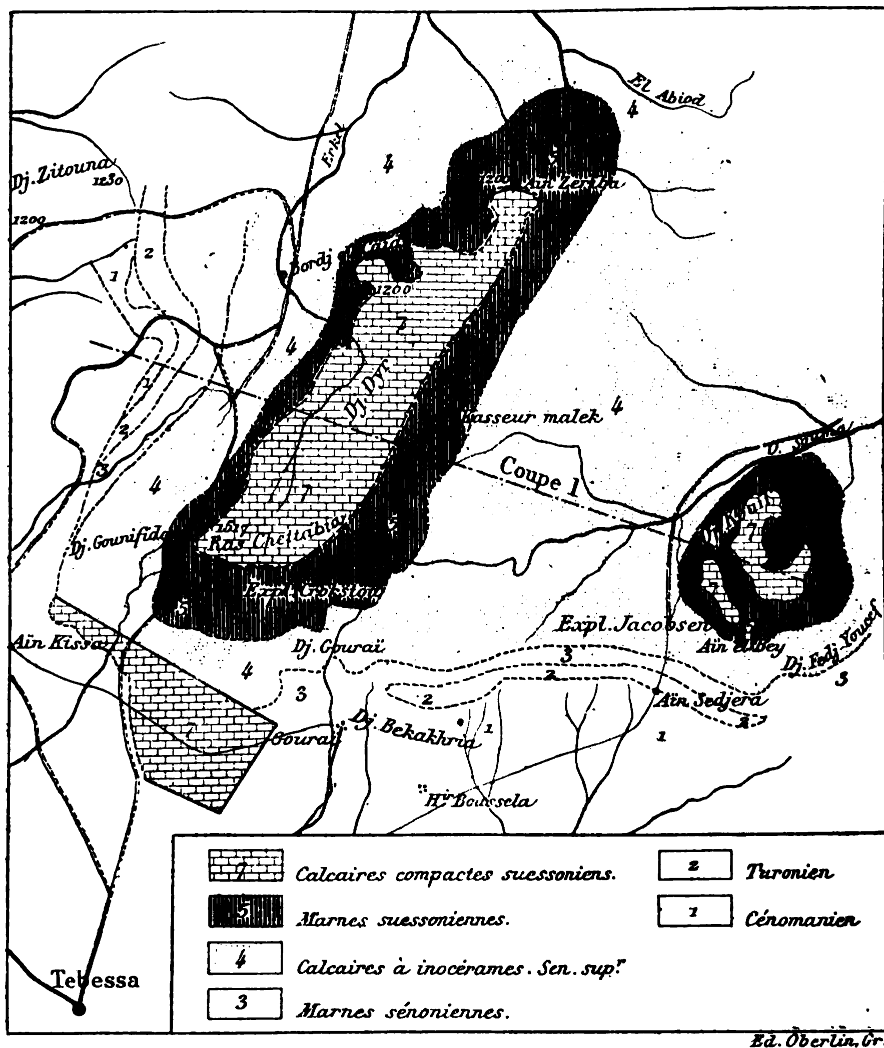


Fig. 47. — Carte du massif du Dyr et du Dj. Kouif (d'après M. Blayac).
Échelle au 1/200.000.

tueux. Aussi les travaux entrepris au début sur cette zone, que la proximité de la ligne Constantine-Tunis désignait aussitôt à l'attention, ont-ils été, pour la plupart, abandonnés.

Région de Souk-Arrhas. Djebel-Dekma.— Cette région est la première en Algérie, où l'on ait fait une exploitation suivie de phosphates. Les travaux, portant sur des marnes à nodules (Exploitation Wetterlé), ont donné de mauvais résultats : les produits ne pouvaient atteindre 50 à 55 p. 100 qu'après un lavage coûteux; on a donc interrompu les recherches.

Il paraît y avoir, dans cette région, au-dessus des calcaires à inocérames, un premier banc phosphaté, assez riche localement, mais à caractère gréseux, surmonté par les marnes à nodules, que recouvrent elles-mêmes, ordinairement, les grès et argiles miocènes.

Région de Béja. — Le terrain éocène est très développé au Nord de Béja, dans la région qui s'étend de Béja à l'Oued-Ksob, aux Beni-Maleck et au Khanguet-el-Tout. On y trouve quelques phosphates, sous forme de grès rouges argileux ou de grès jaunes, phosphatés par places, situés au-dessous de calcaires éocènes à polypiers, eux-mêmes surmontés par des grès éocènes stériles ou par des grès pliocènes d'eau douce. Ces grès phosphatés remplacent le système des marnes feuilletées éocènes, où l'on trouve, en général, le phosphate.

Région de Tébessa, Dyr, Kouif, Aïn-Kissa, etc. — Au Sud de la première zone Est-Ouest, que nous venons d'étudier, une seconde zone, dirigée N.-E.-S.-O., va de l'extrémité de l'Aurès et de Tébessa vers Teboursouk et Béja, en comprenant les gisements de *Cheria*, *Kissa*, du *Dyr*, du *Kouif*, d'*Haydra*, *Thala*, *Kalaat-es-Senam*, *H. des Ouled Aoun*, *Dj. Haout*, *Guern-Alfaya*, *Le Kef*, *Sidi-Ayet*, *Dj. Gerrah*, *Teboursouk*, etc. C'est la zone, sur laquelle les exploitations ont été jusqu'ici les plus développées. (Voir la fig. 45, page 215.)

J'emprunterai à M. Blayac la description des phosphates du Dyr et du Kouif, au Nord-Est de Tébessa (fig. 47).

Le **Djebel-Dyr** est un immense plateau de 45 à 50 kilomètres de tour, à peu près rectangulaire et couronné par des bancs calcaires, que l'on aperçoit de très loin, car ils dominent de 7 à 800 mètres la plaine qui s'étend à l'Ouest. Son altitude varie de 1 200 à 1 500 mètres. Plus à l'Est (à 27 kil. N. E. de Tébessa), le *Djebel-Kouif* est constitué par deux plateaux presque attenants : celui d'*Aïn-el-Kébir* et celui d'*Aïn-el-Bey*. Son altitude est d'environ 1 200 mètres; il a de 15 à 18 kilomètres de tour. Au Sud du Dyr, le lambeau suessonien d'*Aïn-Kissa* est encadré par des failles.

Le crétacé, sur lequel repose le suessonien phosphaté, présente, de haut en bas, la coupe suivante :

Sénonien supérieur. Calcaires blancs à moules d'inocérames, en bancs réguliers, tendres et cassants	3 à 400 mètres.
Sénonien inférieur. Marnes vertes et grises, alternant avec de petits bancs calcaires.	80 à 100 —

Turonien	Calcaires durs dolomitiques rougeâtres à échinides : 20 à 25 mètres . . . . Calcaires marneux avec gastropodes, turritelles, etc. ; 30 mètres.	50 à 60 mètres.
Cénomanien.	Marnes calcaires très fossilifères, alternant avec des bancs calcaires souvent formés par des magmas d'ostracées	80 à 100 —

Le suessonien repose en discordance, dans deux ondulations synclinales des calcaires à inocéramus sénoniens, dont les bancs supérieurs sont souvent corrodés (fig. 48).

Conformément à la coupe générale donnée plus haut (p. 210), il comprend : à la base (A), des marnes noires, gypseuses, riches en fossiles, d'épaisseur très variable (120 mètres au Dyr, 50 mètres au Kouif) ; puis



Fig. 48. — Coupe transversale N.-O.-S.-E. du Djebel-Dyr et du Dj. Kouif, d'après M. Blayac.

Échelle au 1/200.000 ; hauteurs triplées.

(B) les couches à phosphates (1,35 m.), alternant avec des calcaires blancs marneux à silex ; et, au-dessus, (C) des calcaires durs à nummulites (7) ; par exemple, dans l'exploitation Crokston, au Sud du Dyr :

7. Calcaires durs à nummulites, avec bancs compacts à rognons siliceux à la base.	80 mètres.
6. Calcaire blanc tendre à silex, passant aux calcaires durs du dessus.	3 à 4 mètres.
5. *Couche de phosphate de chaux*.	0,50 m.
4. Calcaire blanc marneux à silex	2 à 3 mètres.
3. *Couche de phosphate de chaux*.	0,60 m.
2. Calcaire blanc marneux à rognons de silex.	4 à 5 mètres.
1. *Couche de phosphate de chaux*.	3 —

Marnes noires gypseuses, renfermant à leur base, à Aïn-Kissa, une couche de 70 à 80 centimètres de phosphate de fer, avec nombreux cristaux de gypse et dents de squales.

La couche de phosphates 1, qui a 3 mètres d'épaisseur et qui donne lieu à l'importante exploitation Crokston, est particulièrement intéressante. Elle est d'aspect grisâtre gréso-sableuse et, sur les 70 centimètres supérieurs, se charge de silice en même temps qu'elle s'appauvrit ; ce banc dur est ménagé comme toit des travaux. La teneur du reste de la couche va de 60 à 70 p. 100 de phosphate.

L'aspect de ce banc est tout à fait celui d'un dépôt littoral. On y voit

des zones blanches et gréseuses, qui s'entre-croisent. En outre, les nombreux restes de poissons, de sauriens, et de crustacés, qui s'y trouvent, semblent avoir été rejetés là par les vagues comme sur une plage.

Le banc phosphaté fait tout le tour du plateau ; mais les recherches méthodiques, exécutées en 1898 par le Service des Mines, ont malheureusement montré que, dans toute la partie Nord, il devenait trop pauvre pour être exploitable. Ces recherches renseignent, d'une façon intéressante, sur la grande variabilité de teneur de ces dépôts : variabilité toute naturelle d'ailleurs, étant donné leur origine littorale. En résumé, il y a eu, dans le Dyr, une zone extrêmement riche à 70 p. 100, qui existait, au Sud-Est, sur environ 200 mètres de long et qui a fourni 300 000 tonnes environ. Quand on s'en est écarté vers l'Ouest, on est descendu d'abord à 65 p. 100 et l'on arrive progressivement à 58. Dans tout le Nord, on n'a guère que 50 p. 100. Par contre, dans cette région Nord, au Nord-Est, on a trouvé, dans les marnes noires inférieures, un point très riche, d'environ 100 mètres de long, pouvant contenir 100 000 tonnes entre 65 et 70 p. 100 ; mais, comme l'exploitation de cette zone riche aurait demandé la construction d'un chemin de fer de 50 kilomètres, on n'a pu l'entreprendre.

En résumé, les exploitations du Dyr Sud (S^té^ Crokston, convertie en S^té^ française des phosphates du Dyr)[1], portent sur environ 1 200 mètres de long et fournissent à peu près 90 000 tonnes par an : ce qui leur permettra de faire concorder, avec la fin de leur amodiation vers 1910, l'épuisement de leur gisement. Elles sont reliées à la voie ferrée du Bône-Guelma par un chemin de fer de 6 kilomètres à voie de 0,60 m., un câble aérien sur 2,5 kilom. et une voie de 1 mètre sur 4 kilomètres.

Le même banc phosphaté se retrouve, plus à l'Est, dans le **Djebel-Kouif** (exploitation Jacobsen, aujourd'hui à l'Omnium), où les exploitations atteignent déjà un chiffre supérieur à celui du Dyr (environ 110.000 tonnes par an) et paraissent devoir être plus durables ; on considère qu'à l'expiration de l'amodiation, dans une dizaine d'années, le Sud seulement sera dépilé et l'Ouest restera à prendre. Les phosphates atteignent là 4,50 m., dont les trois quarts exploitables, avec de fortes teneurs, qui, pour certaines parties tendres, montent à des chiffres très élevés, et donnent une moyenne d'environ 65 p. 100. On exploite par foudroyage et l'on perd, dans les deux bancs supérieurs, des quantités importantes de phosphates à 50 p. 100, qui auraient pu constituer une ressource pour l'avenir.

Enfin, à **Aïn-Kissa**, le gisement, moins riche et plus tourmenté, pro-

[1] Cette compagnie possède, de plus, en Tunisie, la concession du *Kalaat-ès-Sénam*, dont il sera question plus loin, p. 226.

duit environ 50.000 tonnes, dans les exploitations de l'Omnium, qui a acquis, en grande partie, les droits de la société française des phosphates de Kissa. Là on ne trouve déjà plus la grosse couche du Dyr, mais une série de couches de 0,80 m. à 1,10 m. en nombre un peu variable (jusqu'à 6), qui semblent provenir de son dédoublement. Chaque banc a son toit formé par un banc de silex.

Au Sud-Ouest de Tébessa, et à environ 30 kilomètres du Dyr, se trouvent les phosphates du plateau de *Chéria* (près le village d'Youks), que M. Jacob a décrits en 1895 et qui étaient alors inexploités. Là également, on trouve, à la base, les calcaires à inocérames sur les marnes grises du sénonien et, au-dessus, le suessonien, débutant par des marnes noires, auxquelles succèdent les bancs phosphatés, surmontés par des calcaires blancs durs à nodules de silex. Un banc de silex caractéristique jalonne le niveau supérieur de la couche phosphatée. Suivant M. Jacob, la coupe serait identique à celle du Dyr.

Plus au Sud, le terrain suessonien s'étend sur des surfaces considérables jusqu'aux confins du Sahara et forme une longue traînée de Gafsa vers Biskra, au Nord de la dépression des Chotts. L'existence des phosphates y est considérée comme vraisemblable ; mais les difficultés de transport enlèvent, jusqu'à nouvel ordre, à cette zone, toute valeur industrielle.

Vers le Nord, au contraire, la formation de Tébessa se prolonge en gardant des caractères analogues, vers Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, les Ouartan, Djebel-Chaketma (près Sbiba), le Kef, Sidi-Ayet et Teboursouk.

Gisements de Kalaat-es-Senam, Kalaat-Djerda, des Ouartan, de Sbiba, etc. — La montagne très escarpée du *Kalaat-es-Senam* ou Guelaat-es-Snam (Kalaat, château fort, falaise), forme, d'après M. Thomas, un immense bloc calcaire rectangulaire, de plus de 50 mètres de haut, posé au sommet d'une pyramide quadrangulaire et accessible seulement par un étroit escalier, entaillé de main d'homme dans son entablement Nord.

Ce calcaire, étonnamment riche en nummulites, renferme quelques parties phosphatées. Il repose, comme dans la coupe du Dyr, sur des alternances de marnes noires avec bancs phosphatés, atteignant 10 mètres d'épaisseur ; mais, entre ces marnes et le calcaire nummulitique, s'intercale un calcaire blanc à gastropodes. Les travaux de l'Administration, en 1899, ont établi l'existence d'une couche de 1,60 m. à teneur de 60 p. 100, cubant 5 à 6 millions de tonnes.

La concession de ce gisement, situé en Tunisie, a été adjugée, en 1900, à la Cie des phosphates du Dyr, moyennant une redevance de 1,77 fr. par tonne, plus un droit d'exportation de 0,50 fr. ; mais elle ne

pourra être exploitée qu'après la construction de la voie ferrée de Pont-du-Fahs à Kalaat-es-Senam. Cette voie doit être établie prochainement.

En continuant vers le Nord-Est, on trouve une disposition analogue. Au ***Kalaat-es-Djerda***, près d'Haydra, les phosphates sont riches et leur teneur paraît dépasser 60 p. 100 ; ils sont malheureusement l'objet de litiges, qui en retardent l'exploitation. Au ***Kouif***, entre Tébessa et Haydra, l'épaisseur reconnue n'est que de 3 à 4 mètres.

Le gisement du ***Kef-el-Massouje*** fait partie d'une ligne d'affleurements de calcaire nummulitique, qui relie le Kalaat-es-Senam aux Khremensa. Un niveau phosphaté, situé sous le calcaire, ne contiendrait, d'après les premières recherches, que des minerais à moins de 50 p. 100. Au plateau des ***Ouartan***, au Sud du Ksour, une large ondulation synclinale de calcaire nummulitique, dirigée perpendiculairement aux plis principaux, repose, comme partout, sur un niveau phosphaté, qui, d'après les travaux faits en 1897, présente, en un point (Djebel-Ayata, au S.-O.), 15 mètres d'épaisseur, dont une couche de 2,60 m. à 56 p. 100. Au *Djebel-Chaketma*, près de Sbiba, le Service des Mines a reconnu, en 1901-1902, une formation phosphatée d'environ 20 mètres, avec teneurs variables atteignant 60 p. 100.

Gisement du Kef. — Le gisement du Kef prolonge ceux de Tébessa et de Kalaat-es-Senam. On trouve là environ 6 mètres de couches phosphatées à 35 p. 100, à la base du vaste plateau nummulitique, qui s'étend, à l'altitude de 850 mètres, à côté de la ville du Kef et qui porte le nom de Dyr-el-Kef.

Région de Sidi-Ayet. — Les gisements de Sidi-Ayet sont situés dans la vallée de l'OuedSiliana, au Sud de Testour, à 55 kilomètres environ de la ligne de Tunis à Constantine ; ils ont, à diverses reprises, attiré l'attention, mais on n'y a encore reconnu que des bancs à moins de 45 p. 100, inexploitables.

Les couches phosphatées sont dirigées Nord-Sud avec plongement Ouest. Elles reposent sur des marnes grises gypseuses et alternent avec des bancs de calcaire, de marnes et d'argiles.

Dans le groupe le plus important de cette région, celui d'***Oued-Merire***, on a sept à huit couches sableuses d'épaisseur variable entre 0,50 m. et 0,90 m., comprenant beaucoup de nodules phosphatés et de coprolithes, qui, séparés du sable, atteignent une teneur de 60 p. 100, mais dont l'enrichissement est difficile. Ailleurs, on trouve des bancs, soit blancs, soit rougeâtres, à faible teneur de 15 à 20 p. 100 de phosphate.

Enfin, l'on connaît mal, dans la région Nord, avoisinant le cours de la ***Medjerda***, les gisements du ***Djebel-Skarna*** (***Ouled-Aya***), du massif du ***Ghorra***, près ***Teboursouk***, etc.

Gisements des environs de Gafsa (fig. 49 à 51). — Dans le Sud de la Tunisie et en bordure presque immédiate de la dépression des chotts, une longue bande Est-Ouest de terrain suessonien avec phosphates s'étend, sur environ 60 kilomètres de long, entre Gafsa et Tamerza[1]. Un plissement, qui a affecté l'éocène en même temps que le crétacé, a disloqué et redressé parfois presque verticalement les couches phosphatées, marquées sur le sol par des lignes de dépression en raison de leur altérabilité plus facile par les agents atmosphériques. Ces couches phosphatées se distinguent généralement par leur couleur grisâtre ou brun verdâtre au milieu d'argiles brunes feuilletées. On a, pour les suivre, un bon jalon dans les bancs épais de calcaire à lumachelles ostréennes, qui les recouvrent et qui se continuent eux-mêmes, plus au Sud, par une puissante assise de gypse blanc, en contact avec le miocène (fig. 49 et 50). Régulier et puissant sur le flanc Sud de l'anticlinal crétacé, le niveau phosphaté paraît, au contraire, très brisé et brouillé sur son flanc Nord. Sa puissance utile est d'environ 20 à 25 mètres dans les exploitations actuelles. Elle diminue au fur et à mesure qu'on s'avance vers l'Est.

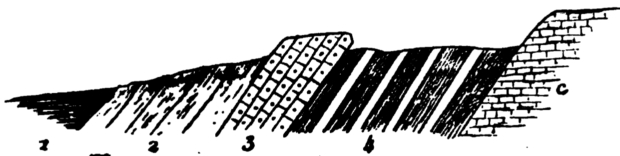


Fig. 49. — Coupe Nord-Sud sur la ligne Sud des affleurements de Gafsa, d'après M. Levat.

1, grès et sables miocènes ; 2, gypses stratifiés ; 3, calcaire coquiller ; 4, marnes et calcaire phosphatés ; c, crétacé

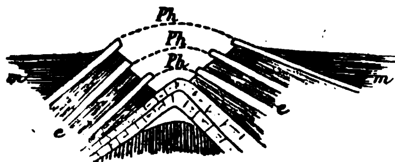


Fig. 50. — Coupe schématique à Gafsa (d'après M. Levat).

m, miocène ; e, argiles et phosphates (Ph) éocènes ; c, crétacé supérieur.

D'après une récente communication de M. Pervinquière[2], dont il a déjà été question précédemment, ce niveau phosphaté de Gafsa serait un peu plus récent que celui de Tébessa et appartiendrait à l'éocène moyen au lieu de l'éocène inférieur ; la transgression de l'éocène moyen, si marquée au Sud de Mactar, se serait étendue jusqu'à cette

[1] Voir, pour les gisements phosphatés de Tunisie, les deux cartes (fig. 45, page 215 et fig. 70, page 343).

[2] *C. R. Soc. Géol.*, 3 février 1902, p. 2; voir plus haut, p. 210.

l'Afrique du Sud, trois étages principaux assez bien déterminés par leurs fossiles :

1° K_1 — Étage inférieur, débutant par le *Boulderbed* ou *Dwycka Conglomerate* et terminé par les schistes d'Ekka. Le Boulderbed est une roche argileuse, noirâtre ou rougeâtre, à nombreux fragments de roches anciennes, qu'on a considérés parfois comme des blocs glaciaires. M. Feistmantel l'a rapporté, d'après ses plantes, à la fin du houiller supérieur ou au début du permien. C'est le dépôt, qui semble avoir comblé, d'abord, les dépressions du bassin de roches anciennes.

Au niveau d'Ekka appartiennent, d'après Feistmantel, les espèces suivantes : *Glossopteris Browniana*, *Gangamopteris cyclopteroïdes*, *Nœggerathiopsis Hislopi*. Les équivalents étrangers sont les couches de Taltschir et de Karharbari, à la base du Gondwana, dans l'Inde, les couches de Newcastle en Nouvelles-Galles du Sud, de Bacchus Marsh, dans la province de Victoria en Australie et de Mersey, en Tasmanie.

2° K_2 — Cet étage forme la surface presque entière des plateaux, entre 650 et 1 300 mètres d'altitude, ainsi que la base des montagnes du Karoo. Il constitue la *formation de Koonap et de Kimberley*, composée de grès, d'argiles bariolées, de schistes noirs ou bruns, recoupés par d'innombrables éruptions de diabase et de mélaphyre, et contenant des nappes de mélaphyre intercalées. C'est à la partie supérieure de cet étage qu'appartiennent les terrains, probablement permiens, de la région diamantifère de Kimberley. Les bois fossiles y sont très nombreux, notamment à Klein Roggeveld.

3° K_3 — Le Karoo moyen, ou *Beaufort beds*, est formé de grès quartzeux avec schistes bruns (chaîne du Drakensberg, etc.). On y a trouvé des *Palæoniscus* et surtout des restes de reptiles : *Micropholis*, *Galesaurus*, *Oudenodon*, *Dicynodon*, etc., que M. Owen a considérés comme triasiques ; en outre, des plantes, en particulier des débris d'Equisétinées et des *Glossopteris* identiques à ceux de l'étage de Damuda dans l'Inde : ainsi, d'après Feistmantel : *Schizoneura*, *Phyllotheca*, *Glossopteris Browniana*, *Gloss. angustifolia*, *Gloss. Tatei*, *Glos. communis*, *Glos. stricta*, *Glos. retifera*, *Glos. damudica* ; nous verrons, plus loin, que ce terrain est représenté aux environs de Johannesburg et y contient de la houille : son âge paraît être là permo-triasique.

4° K_4 — Le Karoo supérieur, constitué par les *couches* de *Stormberg*, est formé de grès blancs ou jaunâtres avec schistes rougeâtres et fréquentes intercalations de houille à la base. Il semble devoir être rattaché au trias supérieur ou au rhétien.

Les fossiles y sont assez nombreux : un mammifère, le *Tritylodon*,

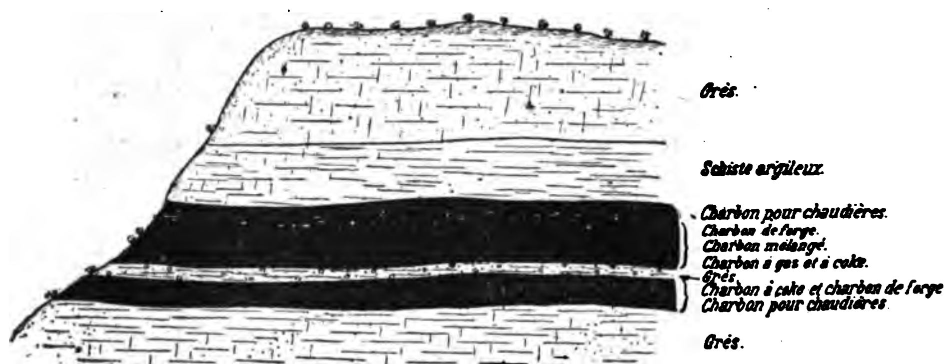


Fig. 58. — Coupe verticale par la Douglas Colliery à Wilje River. (d'après M. Schmeisser).

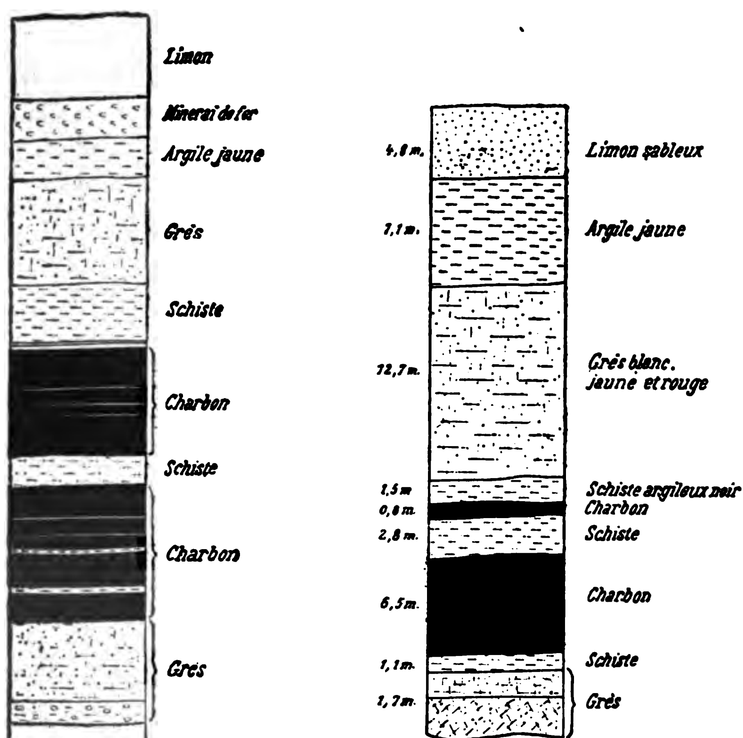


Fig. 59. — Coupes du charbonnage de Springs (d'après M. Schmeisser).

ongævus, Owen ; des Reptiles : *Dicynodon*, *Euskelesaurus*, *Cynochampsa ;* des poissons : *Semionotus capensis* et *Cleithrolepis Extoni ;*

enfin des plantes : *Sphenopteris elongata, Thinnfeldia odontopteroides, Tæniopteris Carruthersi, Tæn. Daintreei, Alethopteris* sp., *Podozamites elongatus, Baiera,* etc.

Autour de Johannesburg, les couches charbonneuses appartiennent à l'étage de Beaufort, comme les couches à *Glossopteris* du Natal. Il en est de même tout au moins d'une partie des charbons du Transvaal, par exemple ceux d'Olifant-River et de Holfontein Colliery, qu'il faut rattacher, non à l'étage de Stormberg comme on le dit souvent, mais à celui un peu plus ancien de Beaufort.

Dans le Transvaal, la limite Sud-Ouest de la formation charbonneuse du Karoo passe, au Sud, près du Riet-Spruit, rejoint la rivière Vaal, puis décrit une ligne très irrégulière, par Heidelberg, Bocksburg et Prétoria et se dirige sur Balmoral, en longeant la route de Prétoria à Barberton ; elle atteint ensuite Middelburg et continue, au Nord-Est, sur 60 kilomètres de long.

Industriellement, les couches du Karoo, qui apparaissent dans le Transvaal, le Natal et la colonie du Cap, contiennent, en bien des points, d'importants et puissants dépôts de houille, sur lesquels se sont développées de nombreuses exploitations, parmi lesquelles nous citerons du Nord au Sud :

1° Dans le Transvaal, celles de Vereeniging, Douglas-Holfontein, Olifant-River près de la Wilje-River (affluent du Rhenoster, qui lui-même se jette dans l'Olifant-River) au Sud de Middelburg et non loin de la ligne de Pretoria à Lourenço Marquez (Delagoa) ; celles de Bocksburg (Brakpan Colliery, Springs, Cassel-Colliery (Daggafontein), etc., immédiatement à l'est de Johannesburg ; 2° celles du Swaziland ; 3° dans le Natal, celles des environs de Newcastle et Ladysmith, près de la ligne de Johannesburg à Durban ; 4° dans la colonie du Cap, celles de Parys, presque à la frontière du Transvaal, sur la rivière Vaal ; celles de Kronstad, sur la ligne de Johannesburg à Capetown ; celles de Cyphergat et d'Indwe, près de l'embranchement de Springfontein à East-London ; enfin celles de Molteno, Bushman's Hoek, etc.

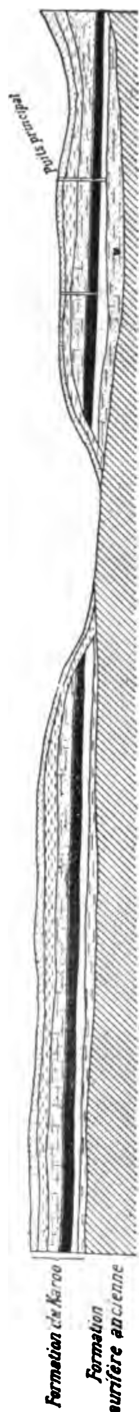


Fig. 60. — Coupe du charbonnage de Brakpan (d'après M. Schmeisser).

Le charbon de Cyphergat, qui a alimenté, jusqu'ici, les mines de diamants de la Compagnie de Beers, représente environ 51 p. 100 du même poids de charbon du pays de Galles. A la mine d'Indwe, achetée vers 1895, par la Compagnie de Beers, le charbon, qui forme, sauf quelques liens schisteux, une couche de deux mètres, représente, dit-on, 70 p. 100 de charbon anglais.

J'emprunte à M. Schmeisser quelques coupes des charbonnages du Karoo (v. fig. 58, 59, 60).

Au charbonnage de ***Brakpan*** (fig. 60), l'un des plus importants de la région et celui qui a longtemps fourni la plus grande partie des mines d'or du Rand, on exploite deux couches, extrêmement régulières et bien horizontales, dont la supérieure a 0,60 m. d'épaisseur, l'inférieure 6,40 m. La coupe complète est la suivante :

Karoo.	Terrain superficiel et schistes décomposés	5 mètres.
	— — schistes	8 —
	— — grès	12 —
	— — schistes argileux	1,50 —
	— — *houille*	0.7 —
	— — schistes argileux	2,7 —
	— — houille	6,4 —
	— — schistes argileux	1 —

Formation ancienne, recouverte par le Karoo en stratification discordante.

La figure 61 donne une idée de l'étendue des travaux de cette mine et du mode d'exploitation, qui se fait par piliers abandonnés, avec tractions mécaniques souterraines, éclairage électrique et, généralement, installations très perfectionnées. Sa régularité met immédiatement en évidence celle même de la couche.

A *Douglas* (Middelburg) [1] (fig. 58), on a de 3 à 6 mètres de charbon (parmi lequel du charbon à coke), ainsi répartis :

Schistes argileux Grès grossier	16 mètres.
Charbon pour chaudières	1,8 —
Charbon pierreux inférieur	0,03 —
Charbon pour forge	1,4 —
Mélange de charbon pour chaudières et pour forge	1 —
Grès grossier solide	1 —
Charbon à gaz et à coke	1,4 —
Charbon pour chaudière	0,78 —
Grès	

[1] Cette région, située sur la ligne de Pretoria à Lourenzo-Marquez, est trop éloignée de Johannesburg et les transports ont été longtemps trop difficiles pour qu'elle ait pu prendre encore tout son développement. Elle présente cette particularité d'être la seule donnant du charbon à coke : ce qui, si un jour on arrive à introduire l'industrie de la fonte au Transvaal, peut présenter une grande importance. En outre, elle est bien placée pour desservir les districts aurifères du Nord. A Douglas, on fait déjà un peu de coke.



Fig. 61. — Transvaal Coal Trust Cr. Plan de la mine de Brakpan Colliery, montrant l'état d'avancement au 1er mars 1895.

Le charbon de Bocksburg, presque seul utilisé dans le Rand, est plus maigre, plus anthraciteux, plus chargé de cendres[1] que celui de Middelburg, où l'on trouve des couches à coke et, par suite, inférieur; mais il donne pourtant des résultats très convenables pour le chauffage des chaudières et les facilités extrêmes d'exploitation qu'il présente permettent de l'obtenir à très bon compte.

Donnons maintenant quelques indications pratiques relatives à la qualité des charbons ;

Charbon de Brakpan (Coal Trust Cy)[2].

Matières volatiles	25,05 p. 100.
Cendres	11,36 —
Carbone fixe (par différence)	63,50 —
	100,00 p. 100.

Coke nullement aggloméré.
Pouvoir calorifique : 6 076 calories.

Charbon de la Cassel Coal Cy[3].

Matières volatiles	41,93 p. 100.
Cendres	7,75 —
Carbone fixe	50,32 —
	100,000 p. 100.

Coke en poussière non aggloméré, cendres blanches.

Pour le district de Middelburg, voici des indications sur la mine de *Pullen's Hop*, *n°* 5 (23 kil. S.-S.-E. de Middelburg), d'après M. Bailey.

Coupe du terrain.

	Épaisseur.
Charbon (brillant) à flamme claire	0,15
Schiste	0,15
a. Charbon	0,312
Schiste	0,15
b. Charbon à flamme claire	0,30
Charbon dur	0,037
Charbon à flamme claire	0,10
Charbon dur	0,20
c. Charbon à flamme très claire	0,45
Charbon terreux	0,70
Total	2,59

[1] D'après M. Schmeisser (p. 69), on aurait trouvé, dans les cendres de houille de Bocksburg, une teneur en or de 7 grammes à la tonne. Le fait, s'il est exact, s'explique aisément par cette circonstance que les couches du Karoo, qui contiennent la houille, se sont déposées sur les couches aurifères démantelées et ont été, sans doute, en partie, constituées à leurs dépens.

[2] Echantillon recueilli par moi et analysé par M. Lodin, à l'Ecole des Mines.

[3] Analysé au laboratoire des mines de Blanzy, le 5 octobre 1895; communiqué par M. de Beaufort.

Résultats pratiques d'une série d'analyses :

	Au sommet *a* p. 100.	Au milieu *b* p. 100.	Au fond *c* p. 100.
Soufre	1,66	1,79	0,87
Humidité	3,63	4,43	4,01
Cendre	7,83	7,37	10,14
Coke	67	62	66 1/2
	très dur	dureté moyenne.	dur

Analyses des charbons de la mine de Pullen's Hop, n° 5.

	Sommet *a*.	Milieu *b*.	Fond *c*.
Carbone combiné	51,16	47,91	55,31
Matière volatile	36,90	39,40	31,00
Soufre	1,03	1,83	0,51
Phosphore	0,04	trace	trace
Cendre	8,60	8,40	10,80
Eau	2,27	2,46	23,8
	100,00	100,00	100,00

La production de la houille au Transvaal se répartissait de la manière suivante, en 1894 :

		tonnes métriques.
District de Bocksburg.	Coal Trust Company (Fermes de Brakpan[1] et Rietfontein)	256 000
	Cassel Colliery (Daggafontein)	122 000
	Springs Colliery	54 000
	Victoria and Phœnix Colliery	25 500
	South Wales Colliery	18 500
	Bocksburg Collieries	18 500
	Wishaw Coal Mining Colliery	13 000
South African and Orange free State Coal and Mineral association		161 000
Total pour les Républiques Sud-Africaines		791 358

Dans le district de Bocksburg, les mines de Coal Trust, Cassel, Victoria and Phœnix, South Wales, Bocksburg et Wishaw ont fourni aux mines d'or 451 000 tonnes de charbon en 1894; la Springs Colliery a alimenté la Compagnie de chemin de fer Netherlands Railway Compagny, à laquelle elle appartient; enfin, les charbons de la South-African ont été consommés en dehors des frontières de l'État. On peut, en outre, citer, dans le même district, la Great-Eastern (à Grootvlei) et la Cleydesdale, entreprise plus nouvelle située près de la Cassel Colliery.

Les chiffres suivants donnent une idée des résultats de l'exploitation dans les deux principales Compagnies : Transvaal Coal Trust et Cassel Colliery :

[1] La Brakpan Colliery a célébré, en 1895, une fête pour l'extraction de son premier million de tonnes (short tons de 907 kilogrammes).

PRODUCTION DU CHARBON ET FRAIS D'EXPLOITATION

1). *Transvaal Coal Trust C^y L^d.*

	TONNES MÉTRIQUES extraites.	DÉPENSES d'exploitation et amortissement.	FRAIS PAR TONNE métrique.
			fr.
1891. 30 sept. 1890. 30 sept. 1891. . .	63 000		
1892. — 1891 — 1892. . .	147 800		
1893. — 1892 — 1893. . .	201 200		
1894. — 1893 — 1894. . .	240 300	550 010	2,25

2). *Cassel Colliery C^y.*

1893. 1er mars. 30 septembre 1893. . .	62 400		
1893. 1er octobre 1893. 31 mars 1894. .	41 400	127 975	3,08
1894. 1er avril 1894. 30 septembre. . .	60 900	232 675	3,80
1894. 1er octobre 1894 au 31 mars 1895.	84 500	165 975	1,97

La production de combustibles dans l'Afrique Australe est estimée, en tonnes, par la Mineral Industry de Rothwell, à :

1895	1896	1897	1898	1899
1 402 182	1 787 908	2 003 174	2 550 485	239 443

Dans ces chiffres on a compté : en 1898, 50.000 tonnes pour la production de l'État d'Orange ; en 1899, 50.000 tonnes pour celle du Transvaal et de l'État d'Orange.

Les chiffres suivants, empruntés à diverses sources, détaillent la production du Transvaal et de Natal :

ANNÉES	TRANSVAAL			NATAL
	PRODUCTION en tonnes.	VALEUR en francs sur le puits.	PRIX par tonne en francs.	PRODUCTION en tonnes.
1893. . . .	548 534	6 436 000	11,70	129 631
1894. . . .	791 358	8 992 000	11,35	141 000
1895. . . .	1 133 466	12 905 000	11,40	160 115
1896. . . .	1 437 297	15 314 000	10,65	216 106
1897. . . .	1 600 212	15 316 000	9,60	364 000
1898. . . .	1 938 000	16 856 000	8,75	568 000
1899. . . .	Guerre au Transvaal.		. . . .	328 693
1900. . . .			. . . .	241 331
Total . . .	7 418 675	75 819 000		2 148 876

ÉTAT, DRESSÉ PAR M. KLIMKE, INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES DE L'ÉTAT DU TRANSVAAL
INDIQUANT LA PRODUCTION ET LE TRAVAIL DANS LES HOUILLÈRES DE LA RÉPUBLIQUE SUD-AFRICAINE, PENDANT L'ANNÉE 1897

SUBDIVISIONS	NOMBRE DES MINES	TONNES					NOMBRE MOYEN DES OUVRIERS						PRODUCTION TOTALE depuis 1893.		
		EXTRAITES	VENDUES				A LA SURFACE		AU FOND		TOTAL				
			Gros.	Gaillettes.	Menu.	Total.	Blancs.	Indigènes.	Blancs.	Indigènes.	Blancs.	Indigènes.	Année.	Tonnes.	Prix en francs par tonne.
Boksburg	13	1 152 622	914 067	183 031	789	1 097 887	176	1 615	80	2 328	256	3 943	1893	548 534	11,75
Heidelberg	8	272 348	255 634	20 124	»	275 758	57	403	40	761	97	1 164	1894	791 358	11,35
Middelburg	18	176 176	142 335	18 942	718	161 995	66	618	30	611	96	1 229	1895	1 133 466	11,40
Lydenburg	1	31 657	30 727	1 603	32	32 362	9	63	3	90	12	153	1896	1 437 297	10,63
Divers (Schoonspruit), Pretoria	2	34 949	29 932	2 278	»	32 210	5	45	6	127	11	172	1897	1 600 212	9,60
Total	42	1 667 752	1 372 695	225 978	1 539	1 600 212	313	2 744	159	3 917	472	6 661	»	5 510 867	»
1896	45	1 471 189	1 207 700	229 235	362	1 437 297	283	2 119	160	3 526	443	5 645	»	»	»
Augmentation	»	196 563	164 995	»	1 177	162 915	30	625	»	391	29	1 016	»	»	»
Diminution	3	»	»	3 257	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

Le tableau de la page 271, résume, pour la dernière année d'exploitation normale 1897, le détail de cette industrie.

Afrique Centrale. — Dans l'Afrique Centrale, on a, comme on pouvait s'y attendre, retrouvé, en divers points, dans ces vastes formations gréseuses analogues à celles du Karoo qui couvrent une partie de la superficie, quelques couches charbonneuses comparables à celles du Transvaal et de Natal.

L'*Afrique orientale allemande* est une des régions où l'on a poussé les recherches avec le plus d'activité ; la présence des terrains du Karoo y a été reconnue sur de grandes étendues et, à diverses reprises, on a signalé des affleurements de houille triasique, annoncés avec enthousiasme, reconnus ensuite sans valeur. Le seul point, qui puisse présenter quelque intérêt, est situé, au nord du lac Nyassa, près du *Songwe*[1].

D'après M. Bornhardt, auquel on doit l'exploration la plus complète de cette région, le Karoo apparaît, du Nord au Sud, au nord-ouest du lac Nyassa, entre les fleuves Songwe et Kivira, puis, vers le Sud, en territoire anglais, sur la rive ouest du lac, dans l'Hinterland de Karonga, aux baies Deep et Florence et aux rapides du Shiré. A l'est du même lac, on le retrouve sur le cours inférieur du Ruhuhu et à plusieurs journées de marche au sud du Rovuma, sur le Ludjeenda, en territoire portugais. Plus au Nord, la même formation existe encore sur le Ruaha inférieur (qui débouche entre Lindi et Zanzibar), aux rapides du Rufuji et, isolé, entre Tanga et Muoa (au nord de Zanzibar), près de la côte.

Ce terrain du Karoo est formé, comme partout, de grès brunâtres, de schistes sombres et de conglomérats subordonnés. Parmi les points où l'on y a signalé de la houille, on peut citer les suivants :

Langenburg, au sud du *Ruhuhu* et le cours inférieur de cette rivière, où les couches sont nombreuses, mais trop sales pour être utilisables ;

Les rives du *Ludjeenda*, au Sud du *Rovuma*, où l'on connaît du mauvais charbon depuis une trentaine d'années ;

La région au nord du *Ruaha* inférieur ;

Enfin le bassin du *Songwe*, au nord du lac Nyassa, qui a surtout attiré l'attention récemment.

En 1896, M. Bornhardt a trouvé là, au Nord du lac Nyassa et à environ 40 kilomètres de l'embouchure du Songwe, des couches de char-

[1] 1895. KARL PETERS, *Das deutsch Ost-Afrikanische Schutzgebiet* (public. offic. München et Leipzig, p. 467). — 1896. STROMER VON REICHENBACH, FREIHERR, ERNST. Die geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika (München et Leipzig, 1896, 208 p. et 3 cartes géolog., avec bibliographie). — *Zeitschrift für praktische Geologie*. 1895, p. 351 et 391 ; 1896, p. 475 ; 1898, p. 151 ; 1899 p. 217 ; 1900, p. 324. — 1899. BORNHARDT. *Uber die bergmannischen und geologischen Ergebnisse seiner Reisen in Deutsch Ost-Afrika* (Z. d. geol. Gesel., t.L., Berlin). — 1900. Dr DANZ (Zeits. für prakt. Geologie, 1900, p. 262).

bon utilisables, en un point situé sur le Kandete, affluent du Kiwira, entre ce fleuve et le Songwe, par 9°32′20″ Sud et 33° 44′ Est.

D'après une communication de Hauchecorne à la Société géologique allemande en novembre 1896, et le rapport de M. Bornhardt lui-même, il y aurait, en cet endroit, au milieu de grès stériles, une formation schisteuse de 20 mètres, contenant, dans les meilleures parties, une couche de charbon de 5 mètres et, au-dessus, une couche de 2,50 m. Les veines de houille vont en se rétrécissant vers l'Ouest et tombent à 2 mètres à la frontière anglaise. Le charbon, d'un type analogue à celui du Natal et du Transvaal, c'est-à-dire composé d'un mélange de houille maigre et de charbon de chaudière, est, en moyenne, très chargé de cendres. La houille maigre, pauvre en gaz, domine, mais contient, comme dans le district de Middelburg, quelques bancs de houille à gaz et à coke intercalés. Le pouvoir calorifique varie de 5 500 à 7 000 calories.

L'utilisation de ces gisements, problématique même dans l'avenir, paraît absolument impossible pour le présent, faute de débouchés locaux : les seuls, bien entendu, auxquels on puisse penser. On a bien, il est vrai, parlé de la navigation à vapeur sur le lac Nyassa et il est certain que, dès 1896, il y avait dix bateaux à vapeur sur ce lac. Mais il paraît qu'ils ne consomment pas pour plus de 8 ou 10 000 francs de bois par an.

En dehors de ces lignites du Karoo, on a encore mentionné, près de *Lindi*, sur la côte, quelques mauvais lignites tertiaires.

3° Lignites crétacés ou tertiaires. — Algérie, Madagascar, etc. — L'**Algérie**[1] manque totalement de combustibles minéraux : lacune qui se fait également sentir, comme nous l'avons remarqué en passant, dans la plus grande partie de l'Afrique et l'exploration du pays est maintenant assez avancée pour que cet arrêt doive être ici considéré comme très probablement définitif.

Je décrirai tout à l'heure le seul point où l'on ait rencontré quelques lignites à peu près utilisables dans le miocène : les environs de *Marceau*, sur le flanc nord du Djebel Zacar, dans le petit Atlas, à 24 kilomètres du port de Cherchel (80 kil. O. d'Alger). Je vais commencer par signaler divers points, où ont été rencontrés des indices charbonneux sans valeur.

Ce sont, dans le département d'Oran : les grès néocomiens d'*El-*

[1] 1858. Ville. *Sur un gîte de comb. entre Ténès et Orléansville* (B. S. G. Fr. 1858, p. 527 et Ann. Mines, 5e série, t. X, p. 605). — 1860. Gaudin. *Lignites d'Algérie* (B. S. Vaud. Sc. Nat. Lausanne, 1860, p. 255). — Lahache. *Sur quelques combustibles fossiles du dép. de Constantine* (Rev. Sc., t. VII, p. 634-635). — 1882. Pinard. *Sur un gis. de houille découvert dans la prov. d'Alger* (C. R., 1882, p. 708). — Roy. *Sur la possib. évent. de trouver de la houille dans la prov. d'Oran* (C. R.. t. XLVI, p. 112). — 1896. *Étude du Sahel d'Alger et de la région de Blida*, par la Société géologique (B. S. G. F., 3e, t. XXIV). — 1898. Dusaugey. *Etude géol. et économ. du gisement de lignite de Marceau* (Algérie) (Bul. Soc. Ind. Min., 3e, t. XII, 1898, p. 501).

Richa (30 kil. S. d'Aflou) ; les schistes infra-jurassiques du *Djebel Lindless* (29 kil. O. d'Oran) et du versant nord de la *montagne des Lions* (16 kil. N. 52° E. d'Oran) ; les schistes bitumineux helvétiens de *Lamoricière* (24 kil. E. 10° N. de Tlemcen); puis, dans le département d'Alger, les grès néocomiens de *Guementah* (54 kil. O. 9° N. de Laghouat) et les lignites sahéliens de *Bled-Boufrour* (12 kil. N. d'Orléansville); enfin, dans le département de Constantine, la concession de *Smendou* (29 kil. N. 19° E. de Constantine) sur des lignites intercalés dans les marnes gypseuses du miocène helvétien et les lignites, également helvétiens, de *Rouached* (20 kil. O. de Milah).

Revenons sur le gisement de *Marceau*.

Il existe, on le sait, au Sud-Ouest et un peu à l'est d'Alger, un bassin tertiaire d'environ 100 kilomètres de long sur 25 de large, qui, vers le Sud, vient buter, à peu près à la hauteur de Rovigo, Blida, Mouzaïa, Marceau, contre le crétacé et, au Nord, est limité, soit par la mer, soit par les lambeaux gneissiques des environs d'Alger, soit par le crétacé du côté de Cherchel. C'est la plaine de la Mitidja, avec les collines du Sahel qui la bordent au nord.

Ce bassin présente, dans toute sa partie ouest, une remarquable ceinture de roches éruptives, notamment d'andésites augitiques d'âge indéterminé, dont il sera question plus loin à propos des gîtes métallifères. Il comprend, de haut en bas, des dépôts quaternaires, pliocènes, sahéliens (tortonien et pliocène inférieur), helvétiens.

Dans l'ouest du bassin, le Sahélien renferme du lignite. Sa coupe est la suivante, de haut en bas :

Zone 3. Grès puissants, avec argiles à lignites et calcaires marneux.
Zone 2. Marnes calcaires et argileuses.
Zone 1. Grès et conglomérats, formant les hauteurs du Djebel Zabrir et calcaires.

A 200 mètres à l'est du village de Marceau, on a reconnu trois couches, contenant, d'après M. Dusaugey, 2,80 m., 1,50 m. et 1 mètre de charbon. Leur puissance diminue vers l'Ouest et n'est bientôt plus que de 0,80 m. à 1 mètre.

Ce charbon, pour l'utilisation duquel on a tenté l'installation d'une verrerie, est très cendreux (12,60 p. 100 de cendres) et contient seulement 25,40 p. 100 de principes calorifiques solides, avec 30,80 p. 100 d'eau et 31,20 de gaz. On a estimé sa puissance calorifique totale à 4264 calories. Il ne peut être employé sans mélange ; mais une ligne de chemin de fer à l'étude, qui doit passer à 5 kilomètres de la mine, permettra peut-être un jour d'en reprendre l'exploitation pour briquettes.

M. Dusaugey estimait, en 1898, le cube total à 350 000 mètres cubes.

En 1898, l'Algérie figure, sur la statistique officielle, pour 200 tonnes de lignite à 12 fr.; en 1899, pour 150 tonnes.

Dans le reste de l'Afrique septentrionale, on n'a rien signalé au **Maroc**, qui ressemble à de la houille. Le sud de ce pays est, cependant, une des régions, où il ne serait pas impossible d'en trouver ; et l'avant-pays de l'Atlas paraît contenir des couches carbonifères.

En **Tunisie**, on connaît, dans le miocène, des lignites très médiocres ou trop minces pour être exploités, près de *Monastir*, au sud de Zaghouan et à 25 kil. O. d'Enfidaville.

L'**Éthiopie** passe pour renfermer divers gisements de combustibles. Avec la mission de Bonchamps,[1] M. Combol a reconnu de la houille dans le plateau Abyssin, à 75 kil. au nord d'*Addis-Abeba*, à *Debralibanous*, prés de Sallalé, sous l'église et les tombeaux des anciens rois d'Éthiopie. Un gisement de lignite a été signalé également à *Tégoulette*, près de Debrébérane, c'est-à-dire entre Débralibanous et Ankober et on en mentionne un semblable dans le *Ber-Meder*, près du lac Tana.

On parle encore de combustibles, aux environs d'*Okfeltsch*, à deux jours de marche N.-E. de Vitsche[2]. Les indigènes, qui habitent au voisinage, ne l'utilisent pas et préfèrent brûler du bois d'olivier.

Je ne possède aucune notion précise sur l'âge de ces gisements, probablement crétacés ou tertiaires.

Enfin, à **Madagascar**, il a été également signalé, près de *Nossi-Bé*, quelques mauvais lignites, dont je dirai deux mots en étudiant les richesses minérales de ce pays au chapitre XI.

B. — PÉTROLE, BITUME, HYDROCARBURES EN AFRIQUE (ALGÉRIE, ÉGYPTE, COTE DE GUINÉE, ANGOLA, ETC.)

On n'a, jusqu'ici, reconnu que peu de manifestations hydrocarburées en Afrique. La constitution géologique du pays n'empêche, d'ailleurs, nullement, à priori, qu'il puisse en exister, puisqu'on trouve de grands gisements pétrolifères : d'une part, sur le bord des *boucliers* anciens septentrionaux, en Pensylvanie et à la mer Blanche ; de l'autre, le long de nombreuses chaînes de plissements tertiaires (Caucase, Apennins, Carpathes, etc.).

La seule région, où les explorations, destinées à rencontrer du pétrole exploitable, ont été, jusqu'ici, assez actives, sinon fructueuses, en Afrique, est l'Algérie, où l'on a fondé quelques espérances sur les premiers résultats obtenus dans le département d'Oran.

[1] *Géographie* 1900, p. 25, avec carte.

[2] *Zeits. für prakt. Geologie.* 1898, p. 406. Voir encore, parmi les dernières publications sur l'Abyssinie : Leontieff. *Exploration des provinces équatoriales d'Abyssinie* (Géographie, 15 août 1900, avec carte). — *Exped. Erlanger Neumann* (Géogr. 1901, p. 235 ; cf. Verh. d. Gesel. f. Erdkunde zu Berlin, 1900, nos 5, 9, 10 ; 1901, n° 2). — 1901. Hugues Le Roux. *Voyage en Ouallaga* (Géographie, 15 octobre 1901),

Pétroles Algériens. — Les suintements pétrolifères algériens sont peut-être reliés aux pointements gypso-salins triasiques, qui existent eux-mêmes, comme nous l'avons vu, en tant de points de la colonie et qui sont fréquemment accompagnés d'ophites. Ce serait unc relation comparable à celle qui paraît exister également, quoique dans des conditions toujours un peu obscures, entre les hydrocarbures et une autre formation gypso-saline(tertiaire dans ce dernier cas), le long des Carpathes ou des Apennins.

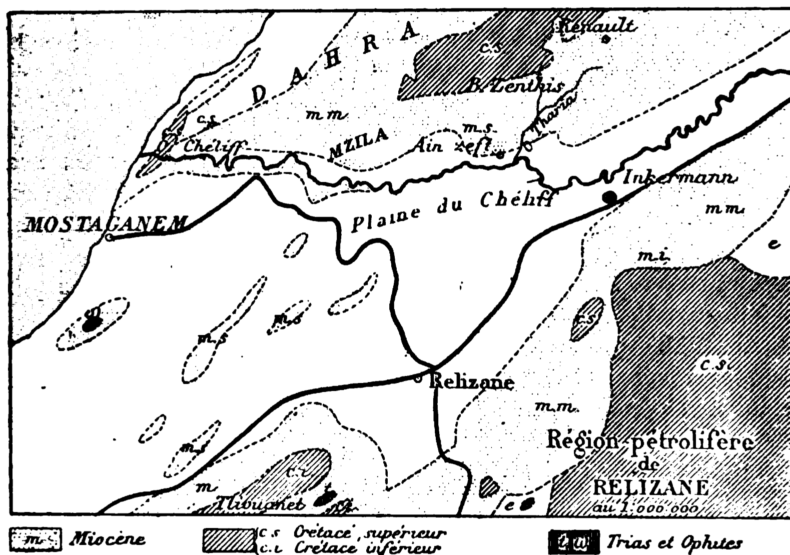


Fig. 62. — Carte géologique de la région pétrolifère du Dahra et de Relizane.

La région pétrolifère vraiment intéressante d'Algérie est celle du *Dahra*[1] et de *Relizane*, au nord et au sud de la dépression du Chéliff, une cinquantaine de kilomètres à l'est de Mostaganem (fig. 62), sur laquelle je vais insister. Mais il convient de noter également, dans le département de Constantine, tout une série de suintements bitumineux, laissés sans exploration industrielle, quoique d'un certain intérêt théorique. Tel est le cas de *Clairfontaine* (sur la ligne de Souk-Arrhas à Tébessa), où des hydrocarbures suintent de fissures filoniennes au travers de calcaires du crétacé moyen, près de lambeaux triasiques. Dans des conditions analogues se présentent : *Ferdjïouah* (3 kil. O., 12° S. de

[1] On appelle ainsi le massif au Nord du Chélif, de Mostaganem vers le C. Magroua. — 1899. Brive. *Sur la géologie de la région pétrolifère des environs de Relizane (Algérie)* (B. S. G. F., t. XXVII, p. 128). — 1899. Fabre. *Sur un dôme triasique dans les environs de Relizane* (départ. d'Oran) (B. S. G. F., t. XXVII, p. 323 et 324).

Milah), où des fissures bitumineuses recoupent le suessonien; *Fedj-mzala*, dans la même région, où l'on a exploré, en la prenant pour un lignite, une veine de bitume compact dans le calcaire sénonien; puis *Chebka-des-Sellaoua* (43 kil. S.-S.-O. de Guelma), où le bitume remplit des fissures au milieu de couches calcaires et schisteuses cénomaniennes; *Djebel el-Mouïda* (8 kil. O. de Sédrata), où l'on est dans le suessonien; enfin *Djebel Guelb* (56 kil. N., 26° O. de Tebessa), avec des indices de pétrole liquide dans des fissures du calcaire cénomanien.

Je reviens maintenant sur la région, industriellement étudiée, du Dahra et de Relizane.

Les explorations du *Dahra*, sont les plus avancées et auraient peut-être déjà donné lieu à une concession, sans des difficultés d'ordre administratif, tenant à la condition imposée aux explorateurs, en grande partie anglais, de constituer une Société française.

Elles ont porté sur un point principal : *Aïn-Zeft* (49 kil. E., 12° N. de Mostaganem, 3 kil. N. du Chéliff) et, accessoirement, sur *Béni-Zenthis*, dans le lit de l'*Oued Tharria*, à 54 kil. E. 11° N. de Mostaganem et 5 kil. N. du Chéliff.

A *Aïn-Zeft*, un puits de 416 mètres a été foré, au pied d'un îlot de gypse, dans des marnes pliocènes. On a rencontré, paraît-il, assez de pétrole pour avoir pu en pomper, pendant trois mois, près de 5 mètres cubes par jour. A *Béni-Zenthis*, il y avait des traces de bitume dans une argile, au contact d'un îlot gypseux, en terrain sahélien; on a foré deux sondages sans grand succès.

La région au sud-ouest de *Relizane*, sur la rive gauche du Cheliff, a été explorée par cinq Sociétés et l'on a fait plusieurs sondages, peut-être arrêtés trop tôt, sans avoir obtenu de résultats bien encourageants. Cependant, tous ces sondages ont recoupé quelques suintements pétrolifères, à l'exception d'un seul, qu'on avait eu le tort de placer directement sur le crétacé et qui est descendu jusqu'à 420 mètres sans rien trouver. Dans les autres, on est, en général, parti des marnes burdigaliennes (miocène inférieur, cartennien de Pomel), qui constituent un niveau imperméable, en pensant que, dans les grès poreux du même étage situés au-dessous, on devrait rencontrer une nappe pétrolifère; cette hypothèse théorique a été déçue, les grès se sont montrés stériles et les suintements pétrolifères ont été, au contraire, localisés dans les marnes.

Le principal centre de cette région est *Tliouanet*, ou *Chabet-Msilah* (*Messila*), à 20 kil. S.-O. de Relizane. En 1900, la Société Lyonnaise a annoncé avoir retiré du puits n° 13 de Messila, à 98 mètres de profondeur (système Burdigalien), du pétrole noir, de densité 0,830 à 15° C., donnant: huile légère et perte, 5,50; huile à brûler, 50; huile lourde lubréfiante 12,50; résidu, 24.

La tectonique de cette région, si intéressante qu'elle paraisse, précisément en raison de ces venues pétrolifères, est assez difficile à débrouiller; car les marnes n'y présentent aucune trace de stratification. MM. Brive et Fabre sont les derniers qui l'aient étudiée, en 1899. D'après M. Brive, une faille importante s'étend depuis le confluent de la Milna et de l'Oued Tliouanet jusqu'à Kalâa, avec une direction N.-E.-S.-O., mettant en contact toutes les couches miocènes (burdigalien, helvétien, tortonien) avec le sénonien et, sans doute, accompagnée par l'arrivée au jour de quelques lambeaux triasiques. C'est, suivant ce géologue, par cette faille que seraient montés les hydrocarbures, toujours localisés à son voisinage. Ceux-ci se sont répandus dans les diverses strates crétacéés ou tertiaires, où on les a successivement rencontrés. C'est ainsi que les premières recherches ont été faites à travers les couches helvétiennes; d'autres ont trouvé des bitumes dans les marnes burdigaliennes; enfin les gisements les plus importants se sont présentés dans le sénonien, au voisinage d'une masse gypseuse assez étendue.

Pour M. Fabre, qui a étudié la région postérieurement, il y a là, non une faille, mais un dôme anticlinal crétacé, d'âge anté-burdigalien, au centre duquel apparaît le trias en couches plastiques et la présence de ce dôme anticlinal triasique, qui ne peut manquer d'avoir été accompagné par des fractures, aurait amené au jour le pétrole.

Tunisie. — En Tunisie, on a annoncé, mais non vérifié, l'existence de suintements pétrolifères à *Grombalia.*

Égypte. — En Égypte, (fig. 29, p. 115) une Société s'est formée, en 1899, pour exploiter une concession pétrolifère, accordée à Sir Elwin Palmer et Thomas Skelton Harrison, de Suez, au Nord, jusqu'au voisinage d'Esney (25° lat.), au Sud et du Nil à la frontière turque. Deux puits ont été forés à des profondeurs de 800 et 660 mètres. Dans le plus profond, trois veines de gaz ont été traversées et les derniers cent mètres sont restés dans du sable noir pétrolifère.

Dans la montagne au sud du golfe de *Suez*, il existe, paraît-il, du pétrole accompagné de soufre [1].

Enfin, dans un récif corallien de la *mer Rouge*, Fraas décrit du pétrole (sans doute de formation organique immédiate), que des bédouins allaient (en 1868) chercher pour l'amener à Suez [2].

Côte ouest d'Afrique. — Sur la côte ouest d'Afrique, il paraît exister divers gisements pétrolifères.

On en signale près de la *côte de Guinée*, le long de la rivière *Tana*, qui forme la frontière entre la Côte d'Or anglaise et la Côte d'Ivoire

[1] *Zeits. f. prakt. Geol.*, 1900, p. 61.
[2] *Zeits. f. prakt. Geol.*, 1898, p. 335.

française. On a dit, en 1901, qu'une Compagnie s'était formée pour exploiter ce pétrole et l'utiliser dans les travaux du district aurifère de Takwa, qui en est éloigné d'environ 113 kilomètres.

D'après Reclus[1], une source abondante de bitume coule sur la rive de l'*Albi*, golfe occidental de la grande lagune d'*Assini*.

Dans le *Congo* français, on aurait, d'après une communication faite à M. Lacroix, trouvé du pétrole, dont j'ignore le gisement.

Il en existe aussi sur la côte d'*Angola* (Congo portugais). On mentionne du bitume à *Mussera*, du pétrole à *Dandé*.

Près de Mussera[2], des grès bitumineux laissent suinter de l'asphalte, qui s'amasse en petites mares, au dire des indigènes. Dans la vallée du Dandé, on a même fait un essai d'exploitation infructueux sur des gites de pétrole[3].

Sur le **Tanganyika**, il paraîtrait qu'en 1862, il serait apparu des fragments de bitume, comme il en flotte parfois sur la mer Morte.

Enfin, à **Madagascar**, comme nous le verrons, on a signalé, dans l'ouest de l'île (*Menabé*, etc.,) diverses sources de bitume.

C. — SUBSTANCES MINÉRALES DIVERSES EN AFRIQUE. — MARBRE, ONYX, CHAUX HYDRAULIQUE, GRANITE, SYÉNITE, ALBATRE, ASBESTE, CRISTAL DE ROCHE, GRAPHITE, ÉMERAUDE, TURQUOISE, ETC.

Je me propose de grouper, dans ce chapitre, un certain nombre de renseignements relatifs à des substances minérales utiles, dont je n'ai pas eu l'occasion de parler au cours de cet ouvrage[4].

Marbres et onyx. — Les onyx d'Algérie[5] ont une certaine réputation et, quoique une seule carrière, celle de Tekbalet (Oran) ait présenté une réelle importance dans ces derniers temps, quelques autres ont pu, un moment, attirer l'attention. Ce sont des dépôts de travertins très récents, que l'on trouve intercalés dans des îlots quaternaires du département d'Oran. Leur masse est toujours limitée et il en résulte qu'après avoir donné parfois de beaux résultats industriels, tous les gisements semblent aujourd'hui épuisés.

A *Tekbalet* ou *Aïn-Tekbalet* (26 kil. N., 21° E. de Tlemcen), un très bel onyx translucide, de nuances diverses, était ainsi intercalé

[1] T. XII, p. 407.

[2] JOACHIM JOSE MONTEIRO. *Angola and the river Congo.*

[3] RECLUS. t. XIII, 373.

[4] Voir, en outre, les chapitres relatifs : aux phosphates. page 206; aux sels, et nitrates, page 237; au pétrole, page 275.

[5] ROY. *Sur les marbres onyx de la province d'Oran* (C. R., t. XLVI, p. 28). — J. TEXIER. *Carr. romaines des environs de Bône* (B. S. G. F., t. IV, p. 160).

dans des îlots quaternaires, au milieu du miocène (helvétien). Les travaux y datent de l'époque romaine. Ils ont été repris de notre temps et l'on a pu en extraire de beaux blocs, atteignant 7 mètres de long. L'exploitation annuelle, en 1898, 1899 et 1900, a été d'environ 76 mètres cubes par an, à 855 francs le mètre cube.

On a également signalé des onyx jaune, gris et vermillons dans un îlot quaternaire, reposant sur l'oxfordien à *Aïn-Sebaa* (17 kil. S. 32° O. de Nemours), d'autres à *Sidi-Brahim* (10 kil. S., 4° O. de Nemours) et *Sidi-Hamza* (20 kil. E.-S.-E., de Tlemcem). Dans le même département, on a exploité des marbres liasiques rouges, rosés et bréchiformes, probablement teintés par des venues ferrugineuses, près de *Kleber*, à *Djebel Orousse* (10,5 kil. O. d'Arzeu). Ces carrières, dites de Kleber, figurent, sur la statistique de 1898, pour 304 mètres cubes à 493 francs ; en 1899, pour 85 mètres cubes à 25 francs seulement ; en 1900, pour néant. On mentionne d'autres marbres, également rouges ou roses, plus à l'Ouest, à *Djouanif*, près de l'embouchure de la Tafna ; ces derniers ont été attribués au métamorphisme des calcaires secondaires par une roche éruptive tertiaire.

Dans le département d'Alger, on a exploité un peu les marbres roses nummulitiques de *Beni-Bou-Gherdane* (20 kil. S.-E. de Dra-el-Mizan) et les marbres brèches, également nummulitiques, de *Chenouah* (12 kil. N., 5° O. de Marengo.)

Enfin, dans le département de Constantine, les marbres blancs et colorés de *Filfila* (16 kil. E., 5° N. de Philippeville) ont été l'objet d'une exploitation momentanée, ainsi que les marbres blancs et rouges veinés de *Mahouna* (6 kil. S.-O. de Guelma).

Dans le nord de la *Tunisie*, les carrières de marbre sont assez nombreuses : notamment au *Djebel Oust*, au *Djebel Aziz* (30,5 kil. de Tunis) et à *Chemtou* (4 kil. d'Oued-Meliz), sur la ligne Tunis à Alger, où l'on a essayé, sans succès, de reprendre en grand une exploitation romaine.

Au *Maroc*, on a signalé, près de Maroc (Marrakesch), au *Kudiat Ardhus*, des carrières de marbre datant de l'époque romaine[1].

Dans le reste de l'Afrique, on peut citer les marbres et onyx d'*Égypte*. Environ à 135 kil. O.-S.-O. de Louqsor et à 75 kil. de la mer Rouge, près des ruines d'*Abu Geraia* (2 kil. au nord de Ouadymia), on a trouvé récemment d'importantes carrières de marbre blanc statuaire, d'où les anciens et les arabes doivent avoir tiré certaines qualités de marbre, qui, pendant longtemps, avaient intrigué les archéologues et auxquelles il était impossible de suppléer, pour les réparations, par aucun autre marbre connu, sans que le contraste fut choquant.

Ce marbre fait partie de bancs calcaires, situés au contact du granite

[1] Th. Fischer. *Die Bodenschätze Maroccos* (Zeits. prakt. Geol., 1900, p. 110).

ou du talcschiste et de filons de porphyre et recoupés par des grünstein. Sa distance à la mer est malheureusement si élevée qu'on ne peut songer à l'exploiter.

Dans l'intérieur de l'Afrique, il doit évidemment exister de beaux marbres primaires ou primitifs, auxquels on n'a pas fait attention jusqu'ici. On mentionnne, cependant, à l'est du lac Rodolphe, entre lui et le lac Stéphanie, dans les collines de *Hammer-Koki*, de grandes masses de marbre blanc[1].

Chaux hydraulique. — Il existe, en *Algérie*, près de Bougie, dans la baie de *Sidi-Yahia*, un niveau de calcaire à chaux hydraulique, assez important pour valoir la peine d'être mentionné. Dans cette région, le lias moyen est formé d'un calcaire massif très caractéristique et le lias supérieur offre, au contraire, des alternances de véritables bancs siliceux. La transition est marquée par des bancs de calcaire déjà siliceux, qui alimentent une production annuelle de 15 000 tonnes de chaux hydraulique. Celle-ci fait concurrence à Alger aux chaux du Teil.

En *Tunisie*, la région du *Djebel-bou-Kournine*, près Tunis, fournit d'excellentes chaux hydrauliques.

Granites, syénites, porphyres, pierres de taille, etc. — Les pierres dures, utilisables pour la construction, sont surtout connues en Afrique dans les pays à civilisation antique, où l'on retrouve les vides laissés par des exploitations romaines ou égyptiennes.

C'est ainsi qu'au *Maroc*, il existe, paraît-il, entre Maroc et Mogador, de grandes carrières de pierre romaines. Ce pays du Maroc, passe, en général, pour peu riche en pierres utilisables. On exploite cependant, depuis des siècles, des meulières, faisant partie de conglomérats tertiaires, sur la côte, à 6 kil. S. du *Cap Spartel*, au *Ras Aschakkar*.

En *Algérie*, nous voyons mentionnée dans le département d'Oran, à *Oued Madagre* (40 kil. O., 12° S. d'Oran) une belle serpentine, émergeant dans des schistes infrajurassiques, que les Arabes ont employée pour l'ornementation.

En *Tunisie*, les carrières romaines de *Keddel*, près Soliman, et de *Béja*, les latomies puniques d'*El-Aouaria* (cap Bon) sont encore exploitées.

En *Egypte*, il suffit de rappeler les fameux granites, que l'on tirait de *Syène* ou *Eléphantina*, les diorites et autres roches dures, si largement utilisées dans la statuaire ou la décoration des édifices, qui provenaient de la chaîne cristalline située entre le Nil et la mer Rouge, notamment d'*Ouady-Hammamât*, ou, accessoirement, de la région du *Sinaï*.

Parmi les carrières de pierre de construction exploitées dans l'antiquité en Égypte, l'une des plus fameuses est celle de *Tourah* (Trouiou),

[1] Mission Welby (*Géographie*, 1900, p. 319).

près Memphis, où les Égyptiens ont, dès les temps les plus anciens, exploité, dans des proportions colossales, un massif de calcaire très fin et très blanc. Les travaux souterrains, dont il a été fait diverses descriptions[1], étaient exécutés avec le même soin que s'il se fût agi de construire les chambres d'un temple. Çà et là, des stèles officielles y rappelaient que tel ou tel souverain illustre avait ouvert des chambres nouvelles.

Albâtre. — L'albâtre égyptien a été longtemps fameux. Il se rencontrait, non loin de Memphis, dans l'*Ouady-Gerraoui*, où de très anciens Pharaons avaient établi une véritable colonie en plein désert pour l'exploiter. Kheops et ses successeurs tirèrent également leur albâtre de *Hatnobou*, au voisinage d'Hermopolis.

C'est probablement le premier gisement que Max Blanckenhorn décrit[2] comme existant à *Wadi Gerani* (Ouady Gerraoui) et à Wadi-hof, sous forme d'un produit secondaire remplissant des fissures d'un calcaire grenu. Le nom même d'albâtre est dû à la ville égyptienne d'Alabastron.

Asbeste. — Dans le Griqualand West (Afrique australe), on exploite, avec quelque activité, des veines d'asbeste bleue, intercalées dans des strates de schistes bleu sombre. En 1899, l'extraction montait, dit-on, à 100 tonnes par mois. Cette asbeste est vendue pour servir d'enduits calorifuges et de ciments inattaquables aux acides[3].

Cristal de roche et gemmes diverses ; mica ; graphite ; etc. — Dans le chapitre XI relatif aux richesses minérales de *Madagascar*, il sera question assez longuement des cristaux de roche, améthystes, saphirs, etc., que le nord-est de l'île exporte depuis plusieurs siècles et qui paraissent provenir de filons pegmatoïdes. On a également signalé des zircons, des corindons, des saphirs de peu de valeur rassemblés parmi les résidus de certains lavages aurifères et des tourmalines de couleurs variées se trouvant dans les filons granulitiques du massif central ancien, dans la même île.

Avec des conditions de gisements analogues, l'Afrique continentale renferme, en diverses régions, des minéraux semblables, notamment des béryls, grenats, micas, graphites et autres minéraux généralement associés aux granulites dans les terrains primitifs, qui se sont développés ici comme dans tous les massifs anciens comparables, le Canada, par exemple, ou la Scandinavie.

Ainsi, dans la région située à l'ouest du *Kilimandjaro* (Afrique Orien-

[1] MASPERO. *Histoire ancienne*, I, p. 383 et ouvrages cités ; cf. p. 312 et p. 384, note 3.

[2] *Neues zur Geologie und Paläontologie Ægyptem* (Z. f. pr. Geol., 1900, p. 392).

[3] OLDS (*Eng. and Min. Journ.*, 6 mai 1899).

tale Allemande), Lieder signale des gîtes de graphite et de mica. Des missionnaires ont rapporté des béryls et d'énormes grenats des steppes situées au nord du *Rovuma* (fleuve qui limite au Sud la colonie allemande et la sépare de la colonie portugaise).

Bornhardt, dans la même colonie allemande, parle également de veines ou cristaux de graphite dans les gneiss, sans valeur commerciale ; suivant lui, il y aurait, dans les pegmatites des montagnes situées à l'ouest du massif d'*Uluguru* (ou Uruguru), de grandes masses de mica, qui pourraient être utilisées. Le même auteur signale un point, où les grenats sont assez abondants pour être peut-être exploitables, à deux jours de route à l'ouest de la station de missionnaires de *Newala*. Le Dr Danz cite également les grenats de *Lindi*.

Émeraudes. — Les émeraudes africaines méritent une mention spéciale, en raison de l'existence d'un gisement classique de ce minéral, auquel on a attribué une réelle valeur industrielle : celui du *Djebel Sabara*, au voisinage de la mer Rouge[1]. Ces émeraudes ont eu une grande réputation dans l'antiquité. C'est de là, dit-on, que venait l'émeraude classique, à travers laquelle, suivant Pline, Néron regardait les jeux du cirque ; c'est le même gisement qui a fourni la pierre placée au sommet de la tiare pontificale. Dans l'hiver 1899 1900, la maison Streeter and Co a envoyé une expédition pour aller explorer ces mines, situées à environ 120 kil. au sud d'*Um Rus* et à 35 kil. du port de *Shenu-Sheik* (fig. 29, page 115).

Les émeraudes se trouvent là, dans des conditions que l'on observe également en Sibérie, en noyaux empâtés dans un massif de micaschistes, qui apparaît, sous le grès nubien, à l'ouest du Djebel Nikhari et au sud des mines d'or de Hamesh et qui se prolonge par le Djebel Sabara jusqu'à la mer. Elles semblent donc en relation avec les actions granulitisantes, qui ont exercé un métamorphisme sur ce terrain.

En outre de ce gisement du Djebel Sabara, j'ai signalé, plus haut, celui du *Rovuma* à l'ouest du *Kilimandjaro*, où les conditions minéralogiques doivent être analogues.

A *Madagascar*[2], on a trouvé, dans les rivières descendant du massif d'*Ankaratra*, sur la côte occidentale, des fragments transparents de béryl aiguë marine bleuâtre. Un béryl rose transparent et constituant une véritable pierre précieuse a été trouvé sur la côte orientale de l'île (*Farafatrana*), avec tourmaline, quartz et triphane[3].

[1] *Géogr.* 1900, p. 417; *Zeits für prakt. Geol.*, 1901, p. 75; 1902, p. 14.

[2] Lacroix. *Minéralogie de la France*, t. II, p. 21.

[3] Je rappelle seulement pour mémoire les soi-disant gîtes d'émeraude au milieu de calcaires métamorphiques, décrits en 1855 par M. Ville, comme existant dans

Turquoises du Sinaï[1]. — Les anciens Égyptiens ont exploité avec activité des gisements de turquoise, malachite et oxydes divers de cuivre et de manganèse, qui remplissent des fissures du grès nubien dans la presqu'île du Sinaï (fig. 29, page 115). Ces turquoises leur servaient à l'ornementation, les oxydes et carbonates de cuivre à la coloration des émaux ou porcelaines; mais on a dû, en outre, extraire du cuivre dans les mines de *Sarbout el-Khâdim*, au voisinage desquelles se trouvent des amas de scories.

Sur les mines antiques du Sinaï, les documents et les textes ne manquent pas. Dès l'aube des temps historiques, les Monitou, qui vivaient dans ces pays arides et sillonnés d'orages terribles, avaient découvert des mines au N.-O. entre le Djebel el-Tih et le golfe de Suez, dans le Mafkait, ou pays des turquoises : nom, qui passa plus tard au pays tout entier. Attirés par ces richesses, les Égyptiens accoururent bientôt et le pays devint, pour eux, la mine par excellence (Baît), ou la contrée des grottes (Bibît) : nom qui, simplement traduit en arabe, a fait Ouady-Magharah. Le souvenir de leurs luttes avec les habitants indigènes est resté gravé dans les inscriptions commémoratives et l'on voit encore, à la rencontre de l'Ouady-Genneh et de l'Ouady-Magharah, les ruines du château escarpé, où les mineurs devaient se retrancher, dès que les guetteurs, dispersés sur les cimes voisines, avaient signalé l'approche de l'ennemi. Il y a là plus de 200 maisons. Une digue barrant la vallée, retient les eaux. Les galeries de cette époque primitive paraissent avoir été creusées, dans le grès nubien friable, avec des outils de pierre, ou peut-être de bronze. Elles sont droites et larges, mais basses, avec des piliers d'étai, et, de temps à autre, des salles plus vastes. En outre de la population permanente, les Pharaons envoyaient parfois une expédition de 2 ou 3 000 hommes, conduits par des officiers, qui venait, pendant un ou deux mois, extraire une quantité de minerai et parfois ramenait, en même temps, en Égypte, de beaux blocs de diorite, serpentine ou granite, destinés à fournir des sarcophages ou des statues.

La dernière inscription du Sinaï est, pour l'Ancien Empire, celle de

la haute vallée de l'*Hauach*, près Blida, en Algérie. M. Lacroix a montré (*Minéralogie de la France*, t. I, p. 109), que ces prétendues émeraudes étaient des tourmalines vertes.

[1] 1870. Keast Lord. *The Peninsula of Sinaï* (Leisure Hours). — Chabas. *Recherches sur l'antiquité historique*. 2e édit. : p. 348-363. — G. Ebers. *Durch Gosen zum Sinaï*. — Brugsch. *Wanderung nach den Türkis-Minen*. — Palmer. *The desert of Exodus*. — 1878. R. F. Burton. *The gold mines of Midian* (côte N.-O. de l'Arabie), in-8°, London. — *Ordnance Survey of the Peninsula of Sinaï*. 1 vol. de texte : 3 vol. in-fol. de photogr. 1 vol. de cartes et plans (Public. officielle) (voir p. 222-224). — 1895. Maspero. *Histoire ancienne de l'Orient classique*, t. I, p. 349, 355. 473, avec cartes des mines. — 1901. W. F. Hume. *Les Riftvalleys de l'est du Sinaï et la géologie du Sinaï Oriental* (Congrès géol. de 1900. Compte rendu, p. 900 à 932). — Voir, en outre, Suess. *Face de la Terre*. I, p. 470 à 472 et bibliographie citée.

l'an II de Papi II. Ultérieurement, les mines durent végéter; les derniers Memphites, les Héracléopolitains, les premiers Thébains les négligèrent par force et l'avènement de la XII[e] dynastie, selon Maspero, leur rendit seul quelque animation. Les filons de l'Ouady-Magharah s'étaient épuisés; des recherches heureuses firent découvrir d'autres dépôts un peu plus au Nord, dans le Sarbout-el-Khâdim, à 25 kil. à vol d'oiseau de la côte. On les mit en œuvre dès le temps d'Amenemhaït II et, pendant longtemps, des expéditions s'y répétèrent, tous les trois ou quatre ans, parfois même d'année en année, toujours à la recherche de gisements nouveaux : ce genre de veinules oxydées dans les grès s'épuisant très vite. Vers la moitié du règne d'Amenemhaït III, on revint à l'Ouady-Magharah et les exploitations étaient encore actives au début de la XIII[e] dynastie.

Géologiquement, ces mines sont situées, dit-on, dans le grès nubien, au voisinage du granite, qui se montre dans l'Ouady-Magharah. Ce sont probablement, des affleurements de filons cuivreux (avec fer et manganèse), sulfurés en profondeur, qui ont subi une oxydation superficielle et, sans doute, des remises en mouvement dans les fissures de ces grès très perméables aux eaux. Peut-être ces grès renfermaient-ils quelques phosphates, qui auront produit les turquoises. Il en est résulté des gîtes restreints, par veinules ou poches, dont l'épuisement à peu près complet est rendu vraisemblable par la très grande activité que les anciens y ont témoignée, avec une main-d'œuvre à bon marché d'esclaves et de prisonniers [1]. On s'est demandé toutefois si l'on ne pourrait pas exploiter les filons cuivreux de la profondeur.

D'autres gîtes de turquoises se retrouvent, plus au Sud, à l'ouest du couvent du Sinaï, dans le *Djebel Serbâl*, que l'on a identifié, plus ou moins vraisemblablement avec l'Horeb de la Bible. L'Egypt. Develop. Synd. a fait, en 1900, quelques recherches près d'*Éribia*.

Bois silicifiés. — Mentionnons seulement les célèbres forêts silicifiées de l'Égypte et de la Tripolitaine. En *Égypte*, celle des environs du *Caire* est bien connue. En *Tripolitaine*, Rohlfs, dans la région déprimée des lacs amers, près d'*Aoudjila,* en a signalé une très importante, surtout formée de palmiers et de lentisques; je ne sache pas qu'on y ait trouvé des bois susceptibles d'une utilisation ornementale, comme ceux de l'Arizona [2].

[1] Il ne faut pas oublier que les turquoises ont une valeur extrêmement variable suivant leur couleur, leur densité, etc. On peut comparer, sur les mines de turquoises de Nichapour, en Perse, un article de Toqué dans les *Annales des Mines* de 1888. — Voir aussi mes *Gîtes minéraux et métallifères* (I, p. 411 à 413), avec bibliogr.

[2] *Ursprung der versteinerten Wälder bei Kairo* (Peterm. Mitth., 1866, p. 354 et Sitzungsber. k. Ak. Wiss. Wien., 12 juillet 1866). — Voir Coll. Ecole des Mines, n° 1833, Bois silicifiés de Tunisie.

CHAPITRE IX

SOURCES THERMALES D'AFRIQUE[1]

J'ai consacré autrefois aux Sources thermales d'Afrique quelques pages de mon Traité des Sources thermominérales. Il peut être utile de reproduire ici ce qui les concerne.

Sources thermales d'Algérie, de Tunisie et du Maroc. — On sait quelle est la relation générale des sources thermales avec les chaînes de plissement et les lignes de dislocation récentes du globe. Une de ces lignes de plissement, divergente des Alpes[2], après avoir traversé l'Apennin et la Sicile, se recourbe, sur le rivage sud de la Méditerranée, pour former l'Atlas, qui, à son tour, se raccorde, à travers le détroit de Gibraltar, à la Cordillère bétique et ainsi se trouve encadrée par une arête montagneuse, sur le bord intérieur de laquelle les manifestations éruptives sont presque continues, toute la fosse méditerranéenne.

Sur le flanc interne de ce cercle montagneux, les roches éruptives, soit tertiaires, soit quaternaires, jalonnent les rivages, qui correspondent, pour la plus grande partie, à des fractures récentes[3] et ces roches sont accompagnées, presque partout, par des sources thermales à

[1] Voir les cartes d'Algérie insérées au Ch. X. — 1842. TRIPIER. *Eau de Constantine* (Ann. de chir., 4e série, t. II, p. 429). — 1852. VILLE. *Sur les sources minérales de la partie Ouest de la province d'Oran* (B. S. G. F., 2e sér. t. IX, p. 375). — 1864. Dr GUYON. *Etude sur les eaux thermales de la Tunisie* (Paris, P. Dupont, 70 p., in-8e). — 1865. VILLE. *Analyses de diverses eaux minérales de la province d'Alger* (ANN. d. M., 6e série, t. VII, p. 233). — 1878. Dr BERTHERAND. *Des sources thermales et minérales de l'Algérie* (Alger, 31 p., in-8o). — 1878. POUYANNE. *Notice minéralogique sur les départements d'Alger et d'Oran* (Alger. 62 p.. in-8e). — 1878. TISSOT. *Notice minéralogique sur le département de Constantine* (Alger, 44 p., in-8e). — 1888. BAILLS. *Notice sur les sources minérales du département d'Oran* (à Oran, chez Paul Perrier, 15, boulevard Oudinot). — 1889. *Notice sur les sources thermales et minérales de l'Algérie*, par le Serv. des Mines (Alger).

[2] Voir fig. 1, page 20.

[3] Voir, sur cette chaîne du nord de l'Afrique : SUESS, *loc. cit.*, I, p. 287 à 295, et la bibliographie donnée en note.

haute température, dont l'Algérie, comme la Cordillère bétique, ou le versant ouest des Apennins, présente quelques beaux exemples.

Là, une bordure trachytique commence, sur la côte, un peu à l'ouest de Bône, au sud de la Sardaigne, à laquelle cette zone trachytique, semble se raccorder, comme la traînée de roches archéennes, qui l'accompagne de la Sardaigne jusqu'au Maroc. Cette zone comprend, de l'Est à l'Ouest, les trachytes de l'île de la Galite, du cap de Fer et de Philippeville, les basaltes de Djidjelli à Bougie, ceux qui entourent la dépression de la Mitidja, au sud d'Alger ; puis les pointements trachytiques et basaltiques, qui vont d'Oran à la frontière du Maroc (basaltes de la Tafna, d'Aïn Temouchent, superposés à du quaternaire ; trachytes et phonolithes des îles Zaffarines, à l'ouest de Nemours ; roches à olivine de l'îlot d'Alboran, etc.).

Il est à remarquer que là, pas plus qu'en Sardaigne ni en Espagne, il n'existe de volcans en activité : le cercle d'éruptions, à peu près homogène par son âge, qui relie ces trois régions[1], est presque totalement antérieur à l'époque pléistocène et il semble que la ligne de fracture éruptive, d'abord dessinée ainsi suivant la Sardaigne et la côte algérienne, se soit, dans les derniers temps géologiques, reportée, plus à l'Est, suivant la zone de l'Ombrie, de Rome, du Vésuve, de l'Etna et de Pantellaria, en même temps que les dislocations algériennes, sur lesquelles se trouvent les sources thermales, avaient une tendance à se rejeter vers le Sud.

L'existence, dans le nord de l'Algérie, de ces fractures récentes et de ces pointements de roches tertiaires produit une zone importante d'eaux thermales, souvent bicarbonatées, que nous allons étudier bientôt.

On doit cependant noter que les eaux chargées d'acide carbonique se trouvent, pour la plupart, à une certaine distance de cette traînée éruptive, à laquelle on peut les rattacher ; sauf celles de la région de Blida, qui suivent d'assez près la curieuse ceinture éruptive basique de la Mitidja, ou encore celles de la région d'Aïn Temouchent, à l'ouest d'Oran (H. bou-Hadjar et H. Sidi-Aït), en relation avec des basaltes quaternaires, la plupart des sources, que nous mentionnerons, sont notablement au Sud des éruptions tertiaires, le long des chaînes de plissement.

En dehors de cet important élément minéralisateur, le sol de l'Al-

[1] Le cercle d'éruptions tertiaires, beaucoup plus restreint que la fosse actuelle de la Méditerranée occidentale, dans laquelle il est englobé, paraît passer, au Nord, directement, du nord de la Sardaigne à l'extrémité des Pyrénées et, à l'Ouest, de la frontière du Maroc au cap de Gate. Il me paraît essentiel, quand on cherche à raccorder ainsi les lignes de roches éruptives, de se borner à celles qui sont strictement contemporaines ; car tout tend à prouver que ces lignes se déplacent assez vite avec le temps.

gérie renferme, comme nous l'avons vu [1], de très considérables dépôts de gypse et de sel, qui, aujourd'hui, sous nos yeux, se déplacent en quelque sorte, pour aller se reconstituer, vers le Sud, dans la région désertique des Chotts et des lacs salés [2], et qui, à des époques plus anciennes, surtout pendant le trias, ont amoncelé, plus au Nord, jusqu'au voisinage de la côte, des réserves salines, par lesquelles de très nombreuses sources chlorurées sodiques, sulfatées calciques ou sulfurées calciques et des salines naturelles, ou sebkas, sont alimentées.

Cette abondance du sel et du gypse, qui forme un des traits géologiques marquants de l'Algérie et sur laquelle j'ai déjà insisté précédemment, présente, au point de vue des sources thermales, une importance capitale ; car la très grande majorité de ces sources, chaudes ou froides, sont salines.

D'une façon générale, il y a lieu d'attirer l'attention sur la richesse en sources thermales que présente l'Algérie, bien que ces eaux, fort peu connues, ne soient, pour la plupart, fréquentées que par les Arabes. Outre les raisons géologiques que l'on peut donner de cette richesse hydrothermale, il ne faut pas oublier que, la température moyenne du sol étant souvent de près de 10° supérieure à celle de nos climats, des eaux, descendues à une même profondeur dans le sol, doivent offrir une température de 10° plus élevée qu'en France.

A. — Si nous commençons par passer en revue quelques-unes des **sources salées froides**, qui dérivent directement des gisements de sel, nous avons à mentionner, d'après une statistique officielle [3], dont nous conservons les attributions géologiques (qui seraient, probablement, à reviser, sur plus d'un point, suivant les idées nouvelles) :

1° *Département de Constantine* : autour de Bordj-bou-Arréridj, *Kasbah* dans le suessonien, *Djebel Aderni* dans le gault, *M'Sissa* et *Beni-Ourtillan* dans le sénonien ; près Bougie, *El-Mellaha* et *Dra el-Arbaa* dans le sénonien ; près Batna, *Djebel Touggourt* dans le jurassique et *Kraïm-Saïd* dans le néocomien ; près Aïn-Beida, *Djebel Zouabi*, dans le néocomien.

2° *Département d'Alger* : *El-Melah*, à 10 kil. Ouest de Ténès, sur le sénonien ; *Anseur-el-Louza*, à 21 kil. N.-E. de Teniet el-Haad, sur le néocomien ; *Oued Melah*, à 25 kil. S.-E. de la même ville, dans l'hel-

[1] Page 238.

[2] Voir BLAYAC. *Les Chotts de l'Est Constantinois* (B. S. G. F., 3e s., XXV, p. 907). L'auteur montre comment la salure des Chotts est empruntée au lavage de terrains triasiques ou oligocènes. — 1893. FUCHS ET DE LAUNAY. *Gîtes min. et mét.* (I, p. 496 à 498 et 521).

[3] 1889. *Notice min. sur l'Algérie et notice sur les sources thermales d'Algérie par le service des Mines.*

vétien ; ***Ouled-Hedim***, à 30 kil. S.-E. de Medea, dans le cénomanien ; ***Rebaïa***, à 44 kil. Sud de Medea, dans le suessonien ; ***Oued Sebkha***, à 29 kil. S.-E. de Bouira, dans le gault.

3° ***Département d'Oran*** : ***Tellout***, à 34 kil. N.-E. de Tlemcen, dans les marnes bariolées gypseuses de l'helvétien ; le grand lac salé des environs d'***Oran***; la saline d'***Arzeu***; celle d'***Aïn Ouarka***[1], à 41 kil. S.-E. d'Aïn-Sefra, dans le néocomien, etc.

Les **sources thermales**, plus intéressantes pour nous comme indice géologique de fractures profondes, comprennent des types très divers et sont extrêmement nombreuses, bien qu'on ne les utilise pas encore, comme elles le mériteraient ; il nous suffira de citer les principales, en allant, dans chaque groupe, de l'Est à l'Ouest :

B.—Comme **eaux bicarbonatées**, on a : ***Hammam-Sidi-Djaballah***, près la Calle (35°); ***Aïn-Sennour; H.-Meskoutine*** (95°); ***Salah-bey***, près Constantine (35°) ; ***H.-Gueurgour ; Aïn-el-Hamza*** (saline et gazeuse) ; ***Ben-Haroun-Mouzaïa***, ***El-Affroun***, ***Hammam-Rirha***[2], ou Aquæ Calidæ des Romains (ces trois dernières près de la dépression de la Mitidja, et la dernière sulfatée calcique) ; ***H.-bou-Hanéfia*** (66°) ; ***Arcole***, près d'Oran ; les eaux très chaudes et incrustantes de ***H.-bou-Hadjar*** (les unes chlorurées et gazeuses, les autres sulfureuses) ; ***H.-Sidi-Aït***, etc.[3] ;

C. — Comme **eaux salines chaudes**, un premier groupe, en Tunisie, commence aux environs immédiats de Tunis[4] par les sources bouillantes d'***Hammam-Kourbès*** (Gourbous ou Korbous) (60°), dans l'éocène supérieur, sur la côte du cap Fortas, en face le cap Carthage et par celles d'***Hammam-Lif*** (50°) dans la banlieue de Tunis (sénonien). A Hamman-Lif, une tentative d'exploitation en grand, faite d'abord sans succès de 1883 à 1889, a été reprise depuis 1894 ; à H. Kourbès, les eaux, très appréciées par les indigènes, ne sont encore utilisées que dans un établissement rudimentaire.

Les eaux de Hammam-Kourbès et de Hammam-Lif contiennent : la première $NaCl = 6{,}53$ gr. ; $CaSO^4 = 1{,}81$; $CaCl^2 = 0{,}75$;

[1] Aïn, ou In (Aïn-Sefra, In-Salah) signifie Source.

[2] 1894. Repelin. *Sur la const. géol. du massif des Soumata et d'Hammam-Rirha* (B. S. G. F., t. XXII, p. 9). On écrit aussi Hammam-R'ira (Aïn-Hamza).

[3] La notice de M. Tissot (1878) cite, en outre, dans le département de Constantine, les eaux gazeuses de Takitount, Aïn-Semour et Beni-Ismails.

[4] 1864. Dr Guyon. *Eaux thermales de la Tunisie*, (*avec renseignements sur les ouvrages antérieurs*). — 1895. Aubert. *Explication de la carte géol. provisoire de la Tunisie* (Andriveau-Goujon, 92 p. in-8°). Ce mémoire (p. 13), rattache au gault les gypses du nord de la Tunisie, qui alimentent des sources salines. Il signale (p. 35) l'importance des nappes d'eau artésiennes situées dans le crétacé supérieur.

Dans le sud de la Tunisie, il existe, sur la plupart des oasis, des eaux, qu'on devrait qualifier de thermales, puisqu'elles atteignent 27 à 40°, mais qui ne sont, en réalité, que de simples eaux artésiennes à faible profondeur, parfois chargées de principes salins, lorsque ceux-ci sont abondants dans le pays.

$MgCl^2 = 0,60$; la seconde, $NaCl = 9,75$ gr. ; $CaSO^4 = 1,53$; $CaCl^2 = 1,09$; $MgCl^2 = 0,56$, etc.

D'après M. le Dr Guyon, les eaux thermales de *Bou-Chater* (ancienne Utique) à 40°, seraient très remarquablement riches en arséniates de potasse et de soude (0,17 gr. sur 0,97 gr. de résidu fixe), les autres éléments étant des éléments salins ($NaCl = 0,49$; $CaSO^4 = 0,03$).

Plus à l'Ouest, en Kroumirie, les eaux chaudes d'*Hammam-Lefzoua* et d'*Hammam-Schiba* sont dans l'éocène supérieur.

Puis viennent : *Hammam-N'Bails*, à 23 kil. S.-E. de Guelma, sources salines à 45°, près d'un gisement classique de calamine, associée à de la nadorite et à de la mimétèse[1] ; *Hammam-el-Beida*, à 9 kil. N.-E. de Guelma[2] ; *Hammam-Meskoutine*, avec ses eaux chlorurées sodiques arsenicales et bicarbonatées calciques à 95°, produisant 100 000 litres à l'heure et ses fameuses cascades pétrifiées, sur la ligne de Guelma à Bône[3] ; *H.-bou-Thaleb* (60 kil. de Sétif) (33°) ; *H.-bou-Sellam* à 200 kil. S.-O. de Sétif (54°) ; *H.-Melouane* (ou les bains colorés) dans une gorge de l'Atlas, au sud d'Alger (42°), près des gypses de Rovigo ; *H. Sidi-bou-Hanéfia*, à 20 kil. de Mascara (65°) ; *Aïn-el-Hammam*, près Mascara et les *Bains de la Reine*, à 3 kil. d'Oran (52°).

D. — Comme **eaux sulfureuses** à haute température, on a : *H.-Sidi-Trad*, près de la frontière de Tunisie, à 40 kil. de la Calle (65°) ; *H.-Chenïour*, au sud de Guelma (60°) ; *H.-es-Salahin*, près des gorges d'el-Kantara, à 6 kil. de Biskra (150 000 litres à l'heure, 46°) ; *H.-Siane*, à 40 kil. N.-E. d'Aumale, en Kabylie (70°) ; *Aïn-Okhirs*, à 44 kil. d'Aumale (69°) ; *Berrouaghia*, à 22 kil. S.-E. de Medea (45°) ; *Aïn-Nouissy*, ou Noisy-les-Bains, près Mostaganem (28°) ; *Aïn-el-Hammam*, à 16 kil. N.-E. de Saida (25 000 litres à l'heure, 56°) ; et *H.-Bou-Ghara*, sur la rive gauche de la Tafna (48°), au S.-E. de Nemours, presque à la frontière du Maroc et au voisinage du district métallifère de Lalla-Maghnia.

Enfin, au **Maroc**, nous citerons encore les sources de *Figuig*, et des eaux sulfureuses à *Mouley-Y-â-Koub*, près de *Fez*[4].

La plus remarquable peut-être de toutes ces sources est celle d'*Ham-*

[1] *Ann. d. Min.*, 6e sér., t. XX, p. 24.

[2] D'après Fournel (t. I, p. 187), les sources à 32° de Guelma sont en relation avec des filons de plomb.

[3] Voir : — 1840. O. Henry. *Notice et recherches chimiques sur les produits venant des eaux minérales de Meskoutin* (Ann. d. M., 3e sér., t. XVII, p. 594). — 1852. E. Grellois. *Sur les eaux thermales d'Hammam-Meskoutin (province de Constantine)* (B. S. G. F., 2e sér., t. IX, p. 624. — 1873-74. La Rouvière. *Note sur les sources d'Hammam Meskoutine* (Bulletin de la Société linnéenne de Normandie, 2e série, t. VIII, p. 138, Caen). — 1888. Duparc. *Sur les pisolithes d'Hammam-Meskoutine* (Arch. Soc. phys. de Genève, t. XX, p. 537). — 1892. Dr Piot. *Les eaux d'Hammam-Meskoutine.* — 1898. Lacroix. *Sur la ktypéite* (C. R., 21 février 1898, t. CXXVI).

[4] Voir plus loin page 310.

mam-Meskoutine, dont les dépôts d'incrustation sont comparables à ceux du Yellowstone Parke ou de Nouvelle-Zélande par leur forme de cascades pétrifiées. Ces eaux contiennent 0,25 gr. de carbonate neutre de chaux par litre (quantité qui n'est pas très considérable ; car à Saint-Alyre, près Clermont, on arrive à 1,17 gr.), avec une forte proportion d'acide carbonique libre ; elles sont surtout minéralisées par le chlorure de sodium et le sulfate de chaux, avec un peu de silice, de l'arsenic et de la strontiane et l'on a noté la pyrite parmi leurs dépôts.

Les eaux sulfatées calciques et bicarbonatées d'*Hammam-Rirha*[1], près Milianah, Ouest d'Alger, sortent d'un filon de chalcopyrite, qui recoupe le tertiaire moyen.

Les eaux d'*Aïn-Nouissy*[2], près Mostaganem, sortent d'une faille E.-O., qui met en contact le miocène (cartennien) avec le pliocène inférieur. Leur minéralisation sulfurée calcique paraît en rapport avec un gisement de gypse, qui accompagne un pointement d'ophite.

A *Hammam-bou-Hadjar*[3], vers l'extrémité ouest du lac salé d'Oran, des eaux très abondantes, les unes chlorurées et gazeuses, les autres sulfatées calciques, sortent, d'après M. Ville, de quatre longues fentes, dirigées N.-S., qui recoupent le tertiaire.

Sources thermales du massif africain. — En dehors de l'Algérie, pour laquelle nous possédons des renseignements détaillés, les sources thermales d'Afrique sont généralement mal connues. Ce qu'on en sait suffit néanmoins pour mettre en évidence le caractère général d'une loi que j'ai autrefois essayé de démontrer : loi, d'après laquelle les sources thermales se relient aux fractures récentes du globe et n'existent, par suite, pas dans les régions à plissements anciens, qui n'ont pas rejoué à l'époque tertiaire.

J'ai déjà eu l'occasion de dire plus d'une fois combien la grande masse du continent africain semblait être restée, depuis les temps primaires, immobile et étrangère aux plissements géologiques du sol.

Ce plateau inébranlable, borné, comme nous l'avons vu, de tous côtés par des fractures d'effondrements, n'a pourtant pas échappé à des fissurations intérieures récentes, analogues à celles qui constituent ses frontières naturelles et c'est sur ces effondrements ou ces fissures seulement qu'on a chance de trouver des sources thermales.

Un caractère remarquable de ces longues fractures africaines, c'est leur orientation méridienne : à l'Est, c'est l'axe érythréen, avec l'effon-

[1] 1891. VILLE. *Notice sur les provinces d'Oran et d'Alger*, p. 193.

[2] DAUBRÉE. *Eaux souterraines*, I, 185, fig. 92 et 93. — 1896. *Sur le gisement gypso-ophitique de Noisy-les-Bains* (C. R., 4 mai 1896, et C. R. S. G. F., 18 mai 1896). Discussion avec M. Flamant (B. S. G. F., 3e s., t. XXIV, p. 1073).

[3] VILLE. *Prov. d'Alger et d'Oran*, 1851, p. 258.

drement parallèle du lac Albert et du Tanganyika; à l'Ouest, c'est l'axe atlantique; au centre, c'est peut-être un axe hypothétique, qui prolongerait la ligne des volcans italiens par celui de Tekat en Tripolitaine, les coulées de basalte du Djebel Soda, le volcan central du Tarso, le bord du lac Tschad, Mendif, le Cameroun, Fernando-Po et Saint-Thomé, et auquel il ne serait pas invraisemblable de rattacher, plus au Sud, la ligne côtière de l'Afrique entre Loanda et Cape-Town.

Entre ces lignes d'effondrement N.-S., la plus nette et la mieux dessinée par les cratères des volcans récents est, assurément, cet axe syrien et érythréen, qui, partant des volcans d'Arménie pour longer la mer Morte, puis les volcans d'Arabie, suit le plateau éruptif de l'Abyssinie, passe au Kénia et au Kilimandjaro et aboutit au lac Manyara[1].

Arrivé là, on en perd la trace, au milieu d'un pays de granite et de gneiss presque inconnu et la tentation naturelle a été de la rattacher à l'effondrement du lac Njassa, qui doit faire plutôt partie d'un autre système plus occidental. Il ne serait pas impossible, qu'il y eût, au contraire, une inflexion vers l'Est dans le sens des Comores, de Madagascar, de la Réunion, de Maurice et de l'île Saint-Paul.

Quoi qu'il en soit, un second effondrement parallèle, tout aussi bien marqué, relie, plus à l'Ouest, les lacs Albert, Albert-Edouard, Tanganyika et enfin une dernière fracture, qui se rattache peut-être à la précédente, suit le lac Nyassa vers l'embouchure du Chiré et du Zambèse; après quoi, elle peut aller former l'escarpement, qui limite, à l'Est, le Transvaal, du côté du Mozambique.

Sans insister davantage, nous allons parcourir ce système d'effondrements linéaires du Nord au Sud, à partir de l'Arménie.

Entre les horsts anciennement plissés du Liban et de l'Anti-Liban, que longent eux-mêmes, à l'Est, les volcans du *Dj.-Haouran* et du *Safa*, les sources thermales ne sont pas rares et leur série se poursuit en Palestine et en Arabie Pétrée.

En franchissant la mer Rouge, nous trouvons la région éruptive récente de l'**Abyssinie**[2], où les sources thermales sont aussi abondantes que les restes d'activité volcanique.

Là encore, je me borne à choisir quelques exemples entre bien d'autres.

Dans le Nord, le massif volcanique d'*Hamasen* présente diverses sources thermales, notamment celles d'*Aïlet* (59°), entre Asmara et la mer Rouge.

Sur la côte, au sud de la baie d'Adulis, le système volcanique de la

[1] Il a déjà été question de ces sillons de fractures dans l'Introduction, page 10.

[2] Les éruptions d'Abyssinie ont pu commencer dès le début de l'éocène, comme les épanchements du Dekkan dans l'Inde (SUESS, I, 469). Le jurassique moyen et supérieur existe dans tout le sud de l'Abyssinie.

péninsule de *Bouri*, auquel se rattache le volcan encore actif d'Ortoalé, donne naissance à de nombreux jets de vapeur sulfureuse, ainsi qu'à des milliers de filets d'eau à 67°, qui jaillissent au milieu des écueils de la grève.

Vers le centre de l'Éthiopie, à l'Est du *lac Tana*, une source thermale est l'origine du puissant Takkasé.

D'autres sources thermales très abondantes (37 à 42°) jaillissent un peu plus loin vers l'Est, près le château d'*Arengo*, « le Versailles des négous ».

Mais c'est surtout dans le Sud, au milieu des terrains volcaniques du *Choa*, qu'elles deviennent innombrables. Il existe, notamment, près de la montagne d'Entotto, dans le pays des Galla Finfini, trois sources jaillissantes à l'ébullition.

Plus au Sud, dans cette région mal connue, qui s'étend au sud du pays des rivières, on connaît, sur la rive ouest du lac *M'Woutan*, au sud de *Mahaghi*, plusieurs sources sulfureuses [1].

Sulfureuses également sont, dit-on, la plupart des sources thermales, rencontrées dans le bassin du Haut Nil, par exemple dans le pays du **Rouanda** [2], habité par des nains, à l'Ouest du lac Nyanza.

A l'est du même lac, s'étend le pays volcanique du *Kilimandjaro*, avec de nombreuses sources chaudes [3].

Le **Tanganyika**, qui présente géologiquement tant d'analogies avec la mer Morte, offre, sur sa rive méridionale, plusieurs sources chaudes; il paraît également que des jets de vapeur, au milieu de l'eau, donnent parfois des débris de bitume [4].

A l'ouest de la région des grands lacs, la zone des sources thermales se prolonge jusqu'au **Katanga**, où se trouvent les importantes sources salines de *Moazia* et les sources sulfureuses de *Kafungé*.

Au sud des grands lacs, les cartes géologiques indiquent, sur le cours du Zambèse, quelques pointements éruptifs, qui jalonnent peut-être quelque dislocation Est-Ouest, encore indéterminée. On connaît là, près de *Mpalera*, dans le pays des Barotsé, d'abondantes sources thermales [5].

Nous avons vu que cette traînée éruptive africaine se prolongeait peut-être par les **Comores**, la côte orientale de **Madagascar** [6] et les **Mas-**

[1] 1879. Emin-Bey (Petermanns Mitthcilungen, n° v).

[2] 1895. G. von Götzen. *Durch Afrika von Ost nach West* (in-8°, Berlin, p. 197 et suiv.).

[3] L'axe éruptif passe visiblement à l'est de cette dépression si continue des lacs Albert, Tanganyika et Njassa.

[4] Voir plus haut page 278.

[5] 1881. Bradshaw (Proc. of the R. Geog. Soc.).

[6] Grandidier. *Travaux divers sur Madagascar*. — Résumé dans Suess, I, 528.

careignes (**Maurice** et la **Réunion**). Là également, les sources chaudes sont très nombreuses, notamment dans la région volcanique de la côte orientale de Madagascar, où elles sont parfois accompagnées de mofettes d'acide carbonique et au pied du « Grand Brûlé » de la Réunion, ou dans le cirque d'érosion de la partie occidentale (sources de *Cilaos*, du *cirque de Salazie* et du *cirque de Mafate*).

Au sud de l'Afrique, dans la **Colonie du Cap**, les couches anciennes ont été tranchées, le long des côtes, par des dislocations récentes, sur lesquelles sourdent quelques eaux thermales. On cite notamment la fontaine, dite *Hottentot-Holland*, à une trentaine de kilomètres de *Cape-Town* et celle des environs de *Worcester*, dans la même région.

Sur la côte ouest d'Afrique, dans la colonie portugaise d'**Angola**, (entre le Kunene et le Congo), on retrouve, parallèlement au rivage, l'indice de dislocations récentes, avec quelques suintements de pétroles (vallée du *Dandé*).

J'ai signalé, dans le centre de l'Afrique, l'existence possible d'une ligne éruptive importante, semblant relier le Vésuve, l'Etna et Pantellaria, par les volcans de la Tripolitaine, au Cameroun, à Fernando-Po et à San-Thomé[1].

En **Tripolitaine**, au sud-ouest de Tripoli, dominant vers le Nord les collines d'El-Djefarah, se dresse la montagne du *Djebel Ghourian* avec les cratères du *Manterous* et du *Tckout*.

Vers le Sud, le *Haroudj noir*, prolongé à l'Ouest par le *Djebel es-Soda*, forme également, suivant Duveyrier, une chaîne éruptive récente.

Puis vient, en plein Sahara, la haute chaîne N.-O.-S.-E. de *Tou* ou du *Tibesti* (plus de 2 500 m.), avec des volcans, des dépôts de natron et des sources thermales, citées par Nachtigal.

L'une de celles-ci, dite *Yériké*, ou la Fontaine, est célèbre dans tout le Sahara oriental ; elle dégage de nombreux jets de vapeur, avec des bruits d'explosion et est entourée par des dépôts de soufre.

En résumé, toutes les sources thermales connues en Afrique semblent se trouver, comme la théorie le faisait prévoir, dans les régions affectées par des dislocations récentes. Dans les parties du Massif Ancien, qui n'ont pas subi des cassures de ce genre, on ne signale pas de manifestations hydrothermales.

[1] Voir, pour la région du Sahara, la carte géologique dressée par G. Rolland et Suess, *loc. cit.*, I, 458).

Il faut remarquer, à propos de cette ligne très hypothétique, tracée à travers des pays presque inconnus, qu'une dislocation transversale N.-O.-S.-E., parallèle à des directions de roches anciennes, paraît également, comme nous l'avons vu plus haut, réunir les roches volcaniques de Tassili, de Tibesti et d'El-Melba.

Entre cette ligne et celle que nous venons d'étudier, je ne trouve à signaler, comme pouvant se rattacher aux eaux minérales, que le lac de natron des environs du Caire, étudié au chapitre VII, page 250.

CHAPITRE X

GISEMENTS DE LA ZONE MÉDITERRANÉENNE

(MAROC, ALGÉRIE, TUNISIE)

Gisements métallifères divers (cuivre, plomb, zinc, fer, pyrite de fer, mispickel, antimoine, mercure, etc.) de la zone méditerranéenne.

Généralités géologiques. — Toute la zone méditerranéenne, qui, outre nos possessions françaises, comprend le Maroc, forme, ainsi que je l'ai déjà dit à diverses reprises, un ensemble tectonique homogène et se distingue totalement, pour notre sujet spécial, de ce que nous avons pu rencontrer dans les masses plus anciennes, qui constituent le reste de l'Afrique. En deux mots, nous observons ici, presque uniquement, des gîtes métallifères filoniens et tertiaires[1] au lieu d'avoir des gîtes remontant au moins aux plissements carbonifères et souvent à un âge antérieur. Tous ces gîtes, qui me paraissent avoir été formés dans des conditions analogues et à peu près à la même époque, malgré leurs dissemblances d'aspect et de valeur pratique, vont être décrits dans ce chapitre simultanément, quel que soit le métal dominant, (en parcourant le pays de l'Ouest à l'Est) : ce qui permettra de mettre en évidence le rapprochement des divers métaux sulfurés, cuivre, plomb, zinc, fer, antimoine, mercure, etc., dans les mêmes zones de fractures et les mêmes filons, et d'indiquer, dans certains cas, la disposition générale des champs de fractures. Quant à ce qui peut concerner tel ou tel métal isolément, on devra se reporter aux chapitres précédents, où, adoptant un ordre différent, nous avons, au contraire, suivi chaque métal d'un bout à l'autre de l'Afrique : en particulier, pour le fer, dont il ne va être question qu'incidemment[2]. Les notices publiées, à l'occasion des diverses Expositions

[1] Je laisse de côté, pour le moment, quelques gîtes, surtout ferrugineux, encaissés dans la zone des terrains primitifs entre Alger et Bône (Mokta-el-Hadid, etc.), qui doivent, au contraire, se rapporter à une formation métallifère ancienne, analogue peut-être à celle qui domine dans l'Afrique Continentale. — Pour la description générale de la région, je renvoie à l'introduction, p. 9.

[2] Je ne parlerai pas des substances minérales non métallifères, phosphates, sel, pétroles, marbres, etc., qui ont déjà été étudiées suffisamment dans une série de chapitres spéciaux.

Universelles, par le Service des Mines Algérien, où le classement des gîtes est fait, dans chaque département, par métal dominant, forment, avec les cartes géologiques d'Algérie et de Tunisie, pour quiconque voudrait approfondir davantage cette question, le complément naturel de notre étude[1].

Caractères pratiques des gisements. — D'une façon générale, et si nous envisageons d'abord le côté pratique de la question, les gisements métallifères algériens ou tunisiens, gîtes essentiellement tertiaires, ainsi qu'il vient d'être rappelé et de plus gîtes appartenant à une zone de plissements tertiaires, que l'érosion, malgré ses effets extérieurs souvent considérables, se trouve avoir entamée peu profondément, présentent, pour la plupart, des caractères fâcheux, qui me paraissent tenir, en grande partie, à cette notion de profondeur originelle au moment de la cristallisation, sur laquelle j'ai tant insisté au cours de ce volume. Situés dans les parties hautes d'une chaîne récemment plissée, ils paraissent, en général, représenter des formations déposées par incrustation au voisinage de la superficie, dans cette zone d'une chaîne montagneuse, où les terrains sont toujours irrégulièrement disloqués, brouillés, émiettés, où les fractures manquent de continuité et s'éparpillent d'une façon dommageable pour leur utilisation minière. Ce caractère se trouve encore accentué par la nature pétrographique de beaucoup de ces terrains, qui tient elle-même à l'âge récent des filons : d'où résulte leur intercalation ordinaire dans des terrains jurassiques, crétacés et tertiaires, où dominent, non les roches dures, inattaquables, comme dans les massifs primaires, mais les calcaires, marnes, argiles, etc. ; tantôt, l'on a des calcaires trop compacts, dans lesquels les fissures se sont mal ouvertes ; plus souvent, des schistes et des marnes, où les fractures se sont éparpillées en une multitude de petits veinules sans continuité et, là même, où elles ont commencé par offrir une certaine largeur, se sont remplies d'éboulis des parois, avant de subir une incrustation utile. Nous trouverons, cependant, quelques zones métallisées d'une réelle continuité dans des terrains marneux, et surtout au contact de ceux-ci avec des calcaires, et de très belles fractures métallisées dans certains calcaires, comme les gîtes de la Tafna ou du Djebel Ouenza pour le fer, du Djebel Reças pour le plomb et le zinc, etc. ; mais, dans bien des cas, les gisements métallifères algériens, si multipliés qu'ils soient, représentent trop, comme on a pu le dire jadis, une simple carte d'échantillons. Pour bon nombre de

[1] Beaucoup de concessions algériennes ont été constituées sous un nom différent de celui attribué au permis de recherche et ce nom lui-même diffère de celui du pays ; d'où une complication assez grande pour se reconnaître sur les notices et sur es cartes. J'adopterai généralement la dénomination des notices en question.

ces filons, on observe, soit un coincement de la veine elle-même en profondeur, soit une interruption de celle-ci par une faille, c'est-à-dire un caractère inconstant et précaire des dépôts utiles : et, par suite, on s'est heurté à de fréquents déboires industriels, quand on a cru pouvoir compter, avec persistance et continuité, sur les dimensions du gîte et la nature de minerai, qu'on observait au voisinage des affleurements.

Un autre caractère général, tenant également à l'âge récent de la chaîne plissée et à l'allure encore très accidentée de son orographie, vient, par contre, dans une certaine mesure, diminuer l'effet du précédent et a pu, pour certains gîtes plus favorablement situés dans des calcaires, sur des zones nettes de dislocation ou sur des contacts marneux, amener des concentrations de minerais oxydés, relativement notables ; c'est le rôle très important, joué par les circulations souterraines d'eaux météoriques, constamment réalimentées d'oxygène et d'acide carbonique au contact de l'atmosphère : rôle tenant à ce que le pays, encore très rugueux, très déchiqueté, très profondément raviné, présentant à de faibles distances de notables différences de niveau, ayant, par suite, souvent un niveau hydrostatique profond, s'est largement prêté aux infiltrations de ces eaux pluviales, dont l'action oxydante a parfois, sur une grande hauteur, altéré et transformé les minerais.

De là vient la prédominance, en Algerie, de ces formes oxydées, carbonatées, cémentées, qui sont : pour les blendes, les calamines ; pour les pyrites de fer, les sidéroses, hématites et limonites ; pour les pyrites de cuivre, les hématites, oxydes, carbonates et sulfures de cuivre, ou, quand il s'y joignait des traces d'antimoine ou d'arsenic, le groupement ordinaire cuivre gris et sidérose, avec enduits de carbonates verts ou bleus et d'oxydes ; pour les galènes, les cérusites (ou anglésites plus rares) ; pour les stibines mêmes, les antimoines oxydés (sénarmontite, valentinite, etc.,) sans parler de certaines formes rares particulières à l'Algérie, comme la nadorite (chloro-antimoniate de plomb oxydé), etc.

Ces gisements métamorphiques, encaissés dans les calcaires, ont, suivant une remarque souvent faite, par une véritable réaction métallurgique au contact des carbonates de chaux, par la concentration des éléments, par la disparition du soufre, pris, malgré la disparition de certains métaux entraînés en dissolution, une valeur industrielle toute spéciale. C'est ainsi que, dans les divers terrains calcaires de la province de Constantine et de la Tunisie, depuis le lias [1] jusqu'à l'éocène,

[1] Les recherches récentes ont fait rapporter au lias toute une série de calcaires, autrefois regardés comme néocomiens et qui figurent encore comme tels dans la notice du Service des Mines de 1900.

de très nombreux amas calaminaires, toujours limités d'ailleurs en profondeur, de larges dépôts d'hématite parfois un peu cuivreuse, ont été récemment l'objet d'explorations attentives, ou d'exploitations fructueuses, mais toujours provisoires.

Age des gisements et relation avec des roches éruptives. — Si nous passons maintenant de ces considérations pratiques au côté plus théorique et scientifique de la question, nous avons également à faire, sur l'ensemble des gîtes méditerranéens, quelques remarques générales d'un certain intérêt.

Leur âge, tout d'abord —qui, en raison même des considérations précédentes, est le facteur le plus important de leur allure et de leur composition —, leur âge est, fréquemment, très bien déterminé, tout au moins défini par une limite inférieure bien précise, en raison de leur intercalation filonienne dans une série de terrains, qui, suivant le hasard des rencontres faites par les directions de fractures, vont par exemple, pour une même région, du lias à l'éocène : ce qui les fera considérer logiquement comme postérieurs à ce dernier terrain. Nous n'éprouvons plus ici l'embarras que l'on a dans les vieux massifs hercyniens de la Meseta espagnole, du Plateau Central, de la Bohême et de la Saxe, où des filons, peut-être tertiaires, se trouvent recouper, exclusivement, des granites, des gneiss ou des schistes primaires et ne nous renseignent, par suite, nullement sur leur âge exact. Ici, les conditions d'étude sont beaucoup plus favorables et l'on arrive à la conclusion que les filons métallifères sont, en général, contemporains des divers niveaux éocènes, avec une marge possible dans un sens ou dans l'autre; ils se trouvent, par là, aussitôt rapprochés de la belle série éruptive littorale, dont beaucoup de termes sont, eux aussi, nettement datés, à partir du ludien (éocène inférieur).

On sait que cette série éruptive tertiaire d'Algérie comprend, avec une différence d'âge énorme, des termes pétrographiques équivalents de ceux que nous trouvons dans les séries carbonifères de l'Europe Centrale, ou dans les séries plus anciennes de l'Europe septentrionale. C'est l'application générale de la loi, d'après laquelle, en Europe, les plissements terrestres et, à leur suite, les montées de roches éruptives, avec les cristallisations métallifères, qui en sont elles-mêmes la conséquence, semblent s'être produites, du Nord au Sud, à des époques de plus en plus récentes. La série tertiaire d'Algérie présente, comme toutes les séries tertiaires, un petit nombre de roches profondes, de magmas cristallisés sous pression et de fonds de creuset basiques, tels que les granites, les diorites, les gabbros, etc. : ce qui est tout naturel, en vertu de la remarque tant de fois faite sur le caractère originellement superficiel des formations, qu'une érosion peu avancée nous

permet d'observer au jour dans ce pays. Et, de même, nous ne rencontrerons guère de ces gîtes métallifères, directement émanés du magma profond : soit par une émanation fluorée, qui, nécessitant une forte pression ou une haute température, n'a pu se produire à de grandes distances des noyaux acides (étain, bismuth, tungstène, molybdène, or, etc.,) ; soit par une ségrégation directe des noyaux basiques, ayant donné, dans leur masse même ou à leur contact immédiat, des amas de magnétite, fer chromé, pyrite de fer avec cuivre ou nickel, des grains de platine, etc. A cet égard, le contraste est absolu avec le reste de l'Afrique continentale, qui appartient, au contraire, à une chaîne de plissement et, par suite, d'abrasion très ancienne et où, dès lors, comme notre théorie le fait prévoir, ce sont précisément ces gisements de profondeur, magnétites, pyrites aurifères, cuprifères ou nickélifères, étain, etc., qui dominent.

Cependant, comme, en matière de phénomènes naturels, il ne saurait y avoir de règle absolue, on connaît, dans le nord de l'Algérie, des exemples de granites et granulites tertiaires, mis à jour suivant des anticlinaux: roches, au voisinage desquelles il n'y aurait rien d'impossible à ce que l'on découvrît un jour quelque cristallisation de cassitérite, analogue à celles que, dans des conditions semblables, on a observées en Toscane ou à l'île d'Elbe.

Mais ce qui domine pour les roches éruptives tertiaires, ce sont les roches d'intrusion superficielle, ou d'épanchement, depuis les microgranulites, porphyres pétrosiliceux et globulaires, rhyolites, dacites, etc., jusqu'aux types microlithiques. Et, dans nombre de cas, les gîtes métallifères algériens présentent, avec ces roches éruptives, une relation directe, qui, pour être prévue, n'en est pas moins intéressante à constater et qui donnerait, sans doute, lieu à des constatations bien précieuses, si on la scrutait d'un peu plus près.

La première zone métallifère, que nous aurons à étudier le long de la côte, comprend, en effet, des gîtes directement encaissés dans ces roches éruptives au milieu de leurs fractures : gîtes de peu de continuité et de peu de valeur industrielle, comme la plupart de ceux qui, dans tous les pays, ont ainsi incrusté les fissures ramifiées et courtes des roches éruptives. Nous en trouverons, sur toute la longueur de la côte, près d'Oran, àBougie, à Cavallo, à Collo, à l'ouest de Bône, etc. Comme composition minéralogique, ces gisements ne se différencient pas essentiellement de ceux que nous rencontrerons dans tout le pays, en nous éloignant de plus en plus vers le Sud. J'ai déjà dit que la catégorie de minéraux attribuables à des émanations fluorées ou chlorurées faisait défaut; ici, comme dans toute l'Algérie et la Tunisie, ce que nous observons, ce sont des gîtes sulfurés plus ou moins complexes. Cependant, si l'on entre plus dans le détail, il semble que

les métaux prédominants soient ici un peu différents de ceux qui prennent le premier rang quand on s'éloigne de l'axe éruptif vers l'intérieur du pays. Tandis que, plus loin, nous aurons surtout du zinc et du plomb, avec, dans certaines zones, une abondance spéciale d'antimoine ou de mercure, ici, soit dans les roches éruptives elles-mêmes, soit surtout à leur voisinage, où se trouvent des gisements plus développés, ce qui domine manifestement, ce sont les pyrites de fer et de cuivre, ayant pu donner lieu, par métamorphisme et substitution, suivant les cas, soit à de grands amas d'hématite, soit à des filons de chalcopyrite et hématite[1], de cuivre gris et sidérose, qui constituent les formes pratiques, sous lesquelles ces gisements sont connus et ont été explorés ou exploités. Nous aurons bientôt à décrire, le long de la côte, de grands amas ferrugineux, comme ceux de la Tafna ou de Tabarca, aux deux extrémités de l'Algérie, d'autant plus connus que leur voisinage immédiat du rivage a permis ou permettra bientôt leur utilisation; nous signalerons également une véritable zone cuprifère, qui, pour être jusqu'ici sans grande valeur pratique, n'en offre pas moins un réel intérêt, de Ténès à la Mouzaïa, à Bougie et à Kef-oum-Theboul.

Quand on s'éloigne davantage de la côte, il n'est plus question de roches éruptives ; nous nous trouvons alors dans les chaînes crétacées ou tertiaires à plissements généraux Est-Ouest, qui, jusqu'au Sahara, constituent le sol de l'Algérie ; là, nous verrons, disséminées de tous côtés, dans les terrains de l'âge le plus différent, du lias à l'éocène, des multitudes de gisements, qui, théoriquement, et malgré des apparences très variables, me semblent pouvoir se ramener à un seul et même type. Ce type est le même, sans doute, que nous avions déjà observé le long de la côte, c'est-à-dire le type sulfuré complexe, mais, maintenant, avec une prédominance caractéristique du zinc et du plomb, accessoirement de l'antimoine et du mercure, au lieu que le fer et le cuivre semblaient plus abondants au voisinage plus immédiat des magmas éruptifs, d'où nous supposons que tous ces remplissages filoniens sont également dérivés.

Groupement des métaux dans le remplissage. — Le filon sulfuré complexe d'Algérie et de Tunisie, là où ses éléments minéralogiques sont les plus nombreux, peut renfermer, à la fois, des sulfures de plomb, zinc, fer, cuivre, antimoine et mercure, avec une gangue souvent quartzeuse, souvent aussi barytique ou calcaire, ces deux derniers minéraux (baryte et calcite), semblant toutefois avoir une

[1] Il est à peine besoin de remarquer que, bien que le cas soit fréquent, l'altération de la chalcopyrite ne donne pas nécessairement du cuivre gris, puisque le cuivre gris suppose, outre le soufre et le cuivre, de l'antimoine ou de l'arsenic ; dans certains cas, on peut avoir directement de la phillipsite ou bornite, de la chalcosine, des oxydes de cuivre noirs ou rouges.

tendance à disparaître en profondeur. L'un ou l'autre des métaux, que je viens d'énumérer, peut naturellement dominer dans cet ensemble et donner au gisement sa caractéristique industrielle; mais, comme toujours, le zinc et le plomb vont, d'habitude, ensemble, de même que le fer et le cuivre. Nous venons déjà de voir que le zinc semblait le plus abondant de tous; c'est au moins le seul, qui ait pu donner lieu, par la formation d'amas calaminaires, à des résultats industriels fructueux. L'antimoine et le mercure, généralement très subordonnés, ne prennent une réelle importance et ne deviennent à peu près exploitables pour eux-mêmes que dans une zone assez localisée à l'est de Constantine, entre Batna, Guelma, Duvivier et Bône, sur environ 200 kilomètres de longueur totale. L'antimoine se montre là, soit isolé en stibine, soit combiné au plomb ou au cuivre, en galène antimonieuse, ou cuivre gris. Cette forme de gisement antimonieux avec galène et blende est totalement différente de celle que nous rencontrons dans le Plateau Central, où la stibine n'a pour gangue, à de rares exceptions près, que le quartz et le mispickel et peut être considérée, en moyenne, comme caractéristique d'une série tertiaire.

La fréquence du mercure dans les gîtes algériens paraît également à signaler comme un indice de plus en faveur du peu de profondeur initiale que nous leur attribuons. Le mercure est, en effet, un métal qui semble s'être maintenu très facilement en dissolution, de sorte qu'il s'est élevé très haut dans les fractures terrestres et se trouve, généralement, localisé, sur toute la surface du globe, le long des dislocations les plus récentes, à moins que l'extrême minceur des fissures et des vides, où circulait sa dissolution, n'ait amené sa précipitation plus profonde, dans des conditions alors parfois très régulières et avantageuses, comme dans les pores des quartzites d'Almaden.

Types d'altération. — J'ai déjà dit combien la plupart de ces gisements algériens avaient subi une modification notable en rapport avec le voisinage de la superficie actuelle et j'ai même indiqué que cette modification avait seule constitué les amas réellement riches de calamine ou d'hématite. Il est, dès lors, utile d'insister un peu sur les caractères de ces gîtes altérés, qui sont, en réalité, à peu près les seuls, auxquels s'attaquent l'explorateur ou le mineur : l'altération étant souvent assez profonde pour que, même avec une exploitation de quelque durée, on ne soit pas amené à toucher les parties du gisement demeurées sous leur forme sulfurée primitive.

On sait, en principe, (et j'ai exposé longuement ailleurs [1]) quels sont

[1] *Contribution à l'étude des gîtes métallifères* (*Annales des Mines*, août 1897). Voir également, plus haut, les chapitres II et IV relatifs au cuivre et au fer.

les caractères généraux de cette oxydation météorique et je viens de rappeler quels minéraux en étaient résultés. Les gisements algériens se présentent. par suite, sous les divers types suivants, qui ont l'air, au premier abord, très différents les uns des autres et se rapportent pourtant tous, sans doute, à une formation primitive unique :

Amas de pyrite de fer, avec mince chapeau de fer oxydé et parfois traces de cuivre ; ou encore, filons de chalcopyrite avec uu peu d'hématite ; ou encore, veines de blende, recouvertes d'un mince enduit calaminaire, etc. ; en résumé, formes sulfurées subsistantes, quand, pour une cause ou pour une autre, le gisement s'est trouvé échapper. en majeure partie, à l'altération ;

Puis, comme formes métamorphiques :

Grands amas d'hématite dans les calcaires ou à leur contact, pouvant passer à la sidérose, pouvant aussi s'associer avec des produits cuivreux ou même des veines de cuivre sulfuré ;

Filons de cuivre gris, avec hématite, sidérose, carbonates de cuivre et résidu de chalcopyrite, à gangue souvent barytique ;

Amas calaminaires dans les calcaires ou au contact des calcaires et des marnes, la calamine pouvant être, soit rougie par du fer, soit chargée de galène, pouvant aussi être associée à un peu de cinabre, de stibine ou de sénarmontite et à des minéraux oxydés du cuivre ;

Oxydes d'antimoine, englobant des parties de stibine intacte, avec parties zincifères ou plombeuses, etc.

Ces divers gisements se présentent éparpillés dans les fissures de terrains sédimentaires divers, ou entre leurs strates et à leur contact, sous forme de filons couches, mais ne prennent guère une véritable importance que dans les calcaires, où ils affectent souvent l'allure de gisements de substitution. On peut alors trouver, tantôt des calamines, tantôt des hématites, tantôt même, exceptionnellement, des antimoines oxydés englobant des parties de calcaire, avec passage irrégulier du carbonate de zinc au carbonate de chaux, de l'oxyde de fer au carbonate de fer, puis à la calcite ou à la dolomie ferrugineuses, puis à ces mêmes carbonates intacts, etc. Cette substitution, qui s'est généralement opérée en partant des fissures ou joints du calcaire, par lesquels pouvait se faire l'introduction des eaux oxydantes, laisse souvent persister l'allure primitive des cassures : c'est-à-dire que, dans le cas des fissures en tous sens, des diaclases, on aura une sorte de brèche, englobant des morceaux de calcaire stérile ; dans le cas des joints de stratification, une apparence de minerai stratifié et, en quelque sorte, sédimenté. L'oxydation du fer, associé au zinc, a donné des calamines rouges et la dissolution partielle des calcaires par les eaux de surface, des argiles et terres rouges, analogues à celles qui recouvrent le sol des grottes, mais ici plus ou moins calaminaires.

Zones métallifères. — Géographiquement, nous l'avons vu, les gisements complexes, — soit sous leur forme sulfurée primitive, qui a pu se conserver surtout dans les terrains non calcaires, soit sous leur forme oxydée et carbonatée — sont extrêmement éparpillés, notamment dans la province de Constantine et dans la Tunisie. On aperçoit, cependant, certaines zones de concentration, suivant lesquelles les minerais offrent une abondance spéciale. Tels sont les pays à l'ouest et au nord de Tlemcen, près de la frontière marocaine, la région cuprifère de Ténès à Mouzaïa et Rovigo, puis les environs de Bougie, la zone de Jemmapes à Guelma et Souk-Arrhas, celle de Batna vers Souk-Arrhas et tout le massif limitrophe de la frontière tunisienne entre Souk-Arrhas, Aïn-Beida, Tebessa et le Kef, la région de Bejà à Bizerte, celle au Sud de Tunis, etc. Là, on peut imaginer qu'il a existé des centres importants d'émanation profonde et, dans l'hypothèse que j'essaie de développer au cours de ce livre, on est conduit à supposer que toutes ces fissures ramifiées de la surface peuvent se concentrer, se rassembler, se simplifier, quand on plonge suffisamment dans l'intérieur de l'écorce terrestre: Pour rendre ma pensée par une figure peut-être un peu hardie, si l'on supprimait par la pensée, à la surface de l'Algérie et de la Tunisie, une croûte superficielle, dont l'épaisseur atteindrait 4000 ou 6000 mètres, accomplissant, d'un coup, ce qui, en des pays plus anciens, a été le lent résultat d'une érosion prolongée pendant des milliers d'années, si l'on réduisait le pays à un plateau, comme le centre de la France ou la Bohême, en opérant une sorte de section horizontale profonde, je suppose que l'on trouverait peut-être, à l'aplomb de ces zones métallifères éparpillées, quelques grands filons puissants, réguliers, localisés, analogues à ceux de la Bohême ou de la Saxe par exemple, comparables encore à ceux de l'intérieur de l'Espagne: filons dont, dans l'état actuel des choses, nous ne possédons, par suite du travail encore incomplet des forces abrasantes naturelles, que la dispersion au voisinage de la surface.

Ces diverses observations, faites ainsi à propos d'une région bien typique, l'Algérie, ne sont, d'ailleurs, pas exclusivement applicables à celle-ci ; on pourrait les renouveler à propos de la plupart des autres rameaux géographiques détachés des Alpes, qui constituent, autour de la Méditerranée, des chaînes de plissements tertiaires : par exemple, (pour prendre seulement les régions les plus rapprochées de l'Algérie), à l'occasion de la Sierra Nevada, des Apennins, des Alpes Illyriennes; et cette seule analogie rend déjà très vraisemblable l'hypothèse, qui vient d'être proposée, sur la cause de ce type régional des gîtes métallifères, attribuable, non sans doute en totalité, mais du moins en grande partie, à la profondeur atteinte par les érosions, d'où résulte la

profondeur initiale des gisements dans la zone qui est actuellement devenue la zone superficielle.

Production industrielle. — Nous allons maintenant passer à la description plus détaillée de tous ces gîtes[1]; mais comme, au cours de cette étude, nous serons nécessairement amenés à insister surtout sur les gisements présentant quelque intérêt général, sans tenir compte de leur valeur industrielle, il faut, pour mettre les choses au point, commencer par des renseignements statistiques, où les mines d'une réelle importance vont se trouver immédiatement distinguées des filons à peine signalés et, dès lors, mises en lumière[2].

Au **Maroc**, tout d'abord, l'industrie minière est à peu près nulle, non que le pays semble manquer de gîtes métallifères, mais parce qu'il est, jusqu'ici, remarquablement fermé à toute civilisation.

En **Algérie**, les résultats de l'extraction minérale sont, si on laisse de côté les minerais de fer et les phosphates, dont nous avons eu à nous occuper spécialement, peu en rapport avec la très longue liste de gisements divers que l'on pourrait citer. J'ai essayé plus haut d'en donner une explication. A part quelques gisements de calamine, comme Ouarsenis, Bou-Thaleb, Hammam-N'Bails, etc., une mine de cuivre et métaux complexes à Kef-oum-Theboul (qui, elle-même, a dû cesser son exploitation) un ou deux gîtes d'antimoine comme le Djebel Taya, toutes les autres recherches ont été infructueuses et toutes les concessions instituées inutilisées.

Enfin, en **Tunisie**, il y a eu, depuis quelques années, une grande ardeur apportée à l'exploitation des amas calaminaires, ou, accessoirement, de la galène associée à la calamine : exploitation qui a donné, par endroits, des résultats brillants et fait, de ce pays, une sorte de prolongement minéralogique de la Sardaigne, avec laquelle il offre également quelques liens géographiques.

Les chiffres statistiques accusent nettement ces faits.

Seule, l'extraction des minerais de zinc offre quelque importance en Algérie. En 1899, elle a produit 43 500 tonnes, valant 2 617 000 francs ; en 1900, elle est retombée à peu près au chiffre de 1898, soit 30 300 tonnes à 50 fr. 79, valant 1 537 000 francs. Dans ce total, les mines du département d'Alger, exploitées avec une activité médiocre, *Ouarsenis*, *Saka-*

[1] Je tiens à remercier ici M. Lantenois, actuellement Directeur du Service des Mines de l'Indo-Chine, qui a bien voulu me faire profiter de sa longue expérience acquise en Algérie, et M. Jordan, ingénieur au Corps des Mines à Tunis, qui m'a fourni les renseignements les plus précieux sur les mines de son service.

[2] Quelques-uns des chiffres donnés ici ont déjà été indiqués dans les chapitres relatifs aux divers métaux ; mais on trouvera, sans doute, intérêt à les voir rassemblés.

mody, Guerrouma, Nador Chaïr, entrent pour 10180 tonnes, dont 6000 à *Ouarsenis*, 3000 à *Sakamody*; les mines du département de Constantine, dont la principale est *Hammam N' Baïls* à l'est de Guelma, pour 19172 tonnes. Dans le département de Constantine, beaucoup de recherches ont été faites depuis 1898. Des concessions ont été instituées récemment en Algérie, à *Kef-Semmah*, près du Djebel Anini (Ouest de Sétif) et au *Bou-Thaleb*, ou *Djebel Soubella;* elles semblent porter sur des gisements importants.

Le plomb n'est qu'un produit secondaire dans l'extraction des mines de zinc. L'Algérie produit des quantités tout à fait insignifiantes de galène : 120 tonnes en 1898; 389 en 1899; 222 tonnes à 143 francs, valant 32000 francs, en 1900.

L'antimoine n'est plus guère exploité qu'au *Djebel Taya* (Ouest de Guelma); les anciennes mines du *Djebel Nador* et du *Djebel Hamimat* sont abandonnées. La production de minerais d'antimoine, qui avait été de 731 tonnes en 1897, 200 tonnes en 1899, est tombée, en 1900, à 93 tonnes valant 170 francs la tonne.

Toutes les mines de cuivre sont inexploitées. On a cependant essayé récemment de reprendre *Kef-oum-Theboul*, près la Calle, la seule qui ait été longtemps l'objet d'une exploitation active; son exploitabilité dépend, dans une mesure très étroite, des cours du cuivre. Une mine de pyrite cuivreuse, située à *Oualil*, au Sud de Djidjelli, est en instance de concession.

Il en est de même des gîtes de mercure, pour lesquels il existe deux concessions dans le département de Constantine: *Ras-el-Ma*, au S.-O. de Jemmapes et *Taghit*, au S. de Batna. Aucune d'elles n'est exploitée; on a fait, cependant, quelques recherches récentes sur la dernière.

Une substance dont on commence à s'occuper en Algérie, est la pyrite de fer, dont il paraît exister quelques gisements importants, que l'on songe à exploiter pour fabriquer l'acide sulfurique nécessaire au traitement sur place des phosphates algériens. Le gisement d'*El-Auzouar*, près Bougie, est en instance de concession.

Les deux grandes et réelles richesses minérales de l'Algérie sont les minerais de fer et les phosphates, qui ont été l'objet de chapitres spéciaux; j'ai dit également quelques mots, dans le chapitre relatif aux pétroles, des recherches récentes faites pour trouver cette substance dans le département d'Oran.

En dehors de cela, il faut encore mentionner les diverses carrières, dont l'exploitation a, déduction faite des phosphates, produit, en 1900, (suivant la statistique) pour 5 millions de matériaux divers. Une seule substance mérite une mention spéciale : c'est l'onyx, exploité à *Tekbalet* (Oran). Cette carrière a produit, en 1898, 1899 et 1900, environ 75 mètres cubes d'onyx par an; le prix moyen déclaré en 1900 a été de

PRODUCTION DES MINES DE TUNISIE EN 1901

CONCESSIONS	CALAMINE calcinée.	TERRES calaminaires.	BLENDE	GALÈNE	CARBONATE de plomb.	MIXTES	VALEUR portée sur la déclaration.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	francs.
Djebel Reças	1 500	2 200	»	4 400	»	430	418 550
Kanguet Kef Tout. . .	5 000 à 46 p. 100 Zn.	»	»	150	»	»	333 500
Sidi-Youssef.	1 800 à 38 p. 100 Zn.	38 000 à 13 p. 100 Zn.	»	1 200	400	8 000 à 35 p. 100 Pb.	
Djebel ben-Amar. . . .	3 000 à 53 p. 100 Zn.	»	»	»	»	»	270 000
Sidi Ahmed.	1 700	2 600	»	1 000	»	1 500	195 000
Fedj-el-Adoum	1 130	»	»	450	»	»	100 000 environ.
El-Akhouat.	420 à 52 p. 100 Zn.	»	60	260	»	»	80 000
Djebba.	1 500			340	200		41 000

855 francs le mètre cube. Actuellement, le gisement, formé d'un amas très limité de travertin quaternaire, est, je crois, épuisé. En 1898, on avait, en outre, extrait 304 mètres cubes de marbre à 493 francs des carrières du *Djebel Orousse*, près Arzeu, dites aussi carrières de *Kleber*. En 1899, 85 mètres cubes, produits par la même carrière, n'étaient plus évalués que 25 francs et, en 1900, elle disparaissait de la statistique.

Les mines métalliques de **Tunisie** sont, d'une façon générale, beaucoup plus actives que celles d'Algérie.

En 1900, elles n'ont pas occupé moins de 1726 ouvriers, parmi lesquels 590 Européens ; il en a été extrait 4408 tonnes de galène, valant 533 000 francs, 2456 tonnes de carbonate de plomb valant 58 000 francs, 16 596 tonnes de calamine calcinée valant 1 108 000 francs et 2 629 tonnes de minerais complexes, valant 181 000 francs. La valeur des produits extraits (minerais de zinc et de plomb) a été, au total, de 1 880 000 francs, contre 2 141 000 francs en 1899.

Les principaux centres de production, que je décrirai plus loin, sont représentés sur le tableau ci-joint :

La production des minerais de zinc et de plomb, a été en Tunisie, de 1890 à 1902 :

ANNÉES	MINERAI DE ZINC	MINERAI DE PLOMB
	tonnes.	tonnes.
1890.	2 284	490
1891.	1 544	»
1892.	3 520	»
1893.	3 232	»
1894.	7 953	»
1895.	24 370	»
1896.	17 730	242
1897.	23 431	1 128
1898.	24 300	2 583
1899.	23 435	5 224
1900.	22 000	3 300
1901.	18 600	10 400

En 1900 et 1901, on a produit, en outre, chaque année, environ 10 000 tonnes de minerais mixtes et autant de terres calaminaires. La production de zinc a plutôt tendance à diminuer et celle de plomb à augmenter. Outre la laverie de Djebel Reças, mise en marche en décembre 1901, qui fournit, par mois, 700 à 800 tonnes de minerai de plomb lavé, trois nouvelles laveries sont en construction à Kanguet Kef-Tout, Sidi-Ahmed et Sidi-Youssef.

La calamine roche est toujours calcinée avant d'être expédiée, ce qui entraîne une perte de poids moyenne d'environ 30 p. 100. Les minerais de zinc sont expédiés à Anvers ou à Swansea; les minerais de plomb vont, en outre, soit aux usines de Pertusola, en Italie, soit à celles de Coueron, en France.

Décrivons maintenant successivement les richesses métallifères du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie, en laissant de côté, je le répète, les minerais de fer et les phosphates, pour lesquels une étude spéciale a été faite antérieurement.

A. — RICHESSES MINÉRALES DU MAROC

Les richesses minérales du Maroc (fig. 63), par lesquelles nous devons commencer cette étude de la zone méditerranéenne pour nous conformer à l'ordre adopté de l'Ouest à l'Est, sont, en réalité, à peu près inconnues et c'est uniquement par comparaison avec les deux régions, auxquelles le Maroc se rattache directement, l'Algérie d'un côté, l'Espagne de l'autre, que l'on peut faire quelques hypothèses très vagues sur leur valeur. Ce pays, si voisin de nous et qui nous intéresse si natu-

rellement par son enclavement entre nos possessions françaises de

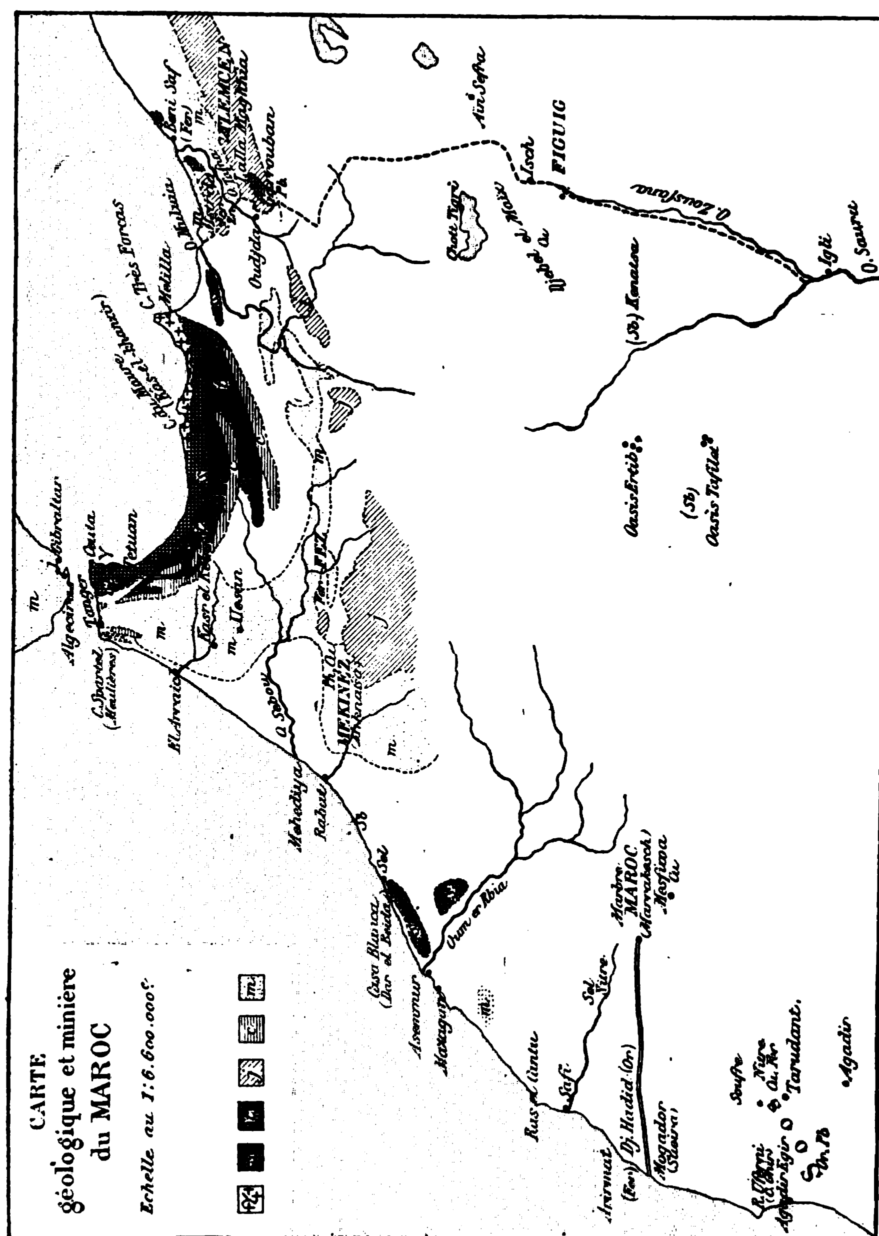


Fig. 63. — Carte géologique et minière du Maroc.

γ, granite. — s, silurien. — t, trias. — j, jurassique. — c, crétacé. — m, miocène.

l'Algérie et du Sahara, est, en effet, un des plus inconnus, un des plus

fermés à l'initiative européenne qu'il y ait sur le globe et, sauf pour quelques chemins battus, comme les routes de Tanger à Fez, de Mogador au Maroc, les environs du Maroc ou les côtes, on n'a que de très vagues informations, dues à des voyageurs incompétents, sur l'existence de minerais, dont l'exploitation est d'ailleurs interdite, afin d'éviter l'introduction d'ouvriers et de capitaux européens. On sait que le Maroc a produit de l'antimoine, du fer, du cuivre, du plomb ; il est bien probable, par raison de continuité, qu'il renferme du zinc et des phosphates. Tout le reste est très hypothétique : ce qui explique les discordances entre les deux ouvrages principaux, où l'on a essayé de grouper les connaissances relatives à la richesse minérale du Maroc, ceux de Budget Meakin et de Fischer, que je vais résumer et condenser ici, en groupant les renseignements par métal[1].

L'**or**, d'après tous les renseignements, doit être peu abondant au Maroc, comme pouvait le faire prévoir la comparaison avec l'Algérie et la Tunisie, où l'on n'en trouve pas. Il est très probable que l'or existant à l'intérieur du Maroc y a été importé par caravanes de Tombouctou et venait du Soudan. Leared dit qu'on en trouve, sur la route de Mogador à Maroc, près *M'Zodia*, dans trois petites collines, dites Kôdeeât Arthoos? Suivant Gatell, il en existerait, dans le S.-O. du Maroc, dans la région du Soos, connue surtout pour ses mines de plomb, à *Ida-oo-ltilt*, dans des minerais de cuivre et à *Sajilmâsah*, dans du quartz.

Des exploitations de **plomb argentifère** passent pour avoir existé à *Tadlah*, près Mekinez et dans le *Soos*, d'où pendant le moyen âge, on exportait de l'argent en Vénétie.

La même région de *Tadlah* contiendrait, dit-on, du **cuivre**, dans une montagne près de Tasellergt, au voisinage du col Bîbâwan. On cite également, comme cuprifères, le district de Mesfîwà, près Maroc et, dans le S.-E. du Maroc, près la frontière algérienne, toute la chaîne du *Djebel-Maiz*, près Aïn Sefra et Figuig, qui est réputée pour fournir leur cuivre aux chaudronniers marocains. Enfin, tout à fait au S.-O. du Maroc, près de *Tarudant*, capitale du Soos (ou Sus), on exploitait encore, en 1860, d'après Rohlfs, des veines cuivreuses, ayant donné naissance à une importante industrie de chaudronnerie.

Fischer cite d'anciennes mines de **fer** au *Djebel Hadid*, à 22 kil. N.-E. de Mogador, et d'autres traces d'anciennes exploitations près d'*Aïn d'Hadschar*. En outre, le fer existe, avec beaucoup d'autres

[1] 1870. Mourlon. *Esquisse géol. sur le Maroc* (Bul. Ac. Roy. Belgique, t. XXX, p. 42). — Budget-Meakin. *The mineral Resources of Marocco* (Mining Journal, 1898, p. 1034 ; cf. Zeits. f. prakt. Geol., 1899, p. 51). — Th. Fischer. *Die Bodenschätze Maroccos* (Zeits. für prakt. Geol., 1900, p. 110). — Maw. *Geology of Marocco.* — Reclus. *Géogr. Univ.*, t. II, p. 722, 746, 765, 827. — R. de Flotte Roquevaire. *Carte du Maroc au 1 : 1.000.000.* — Léo Africanus, au xvi[e] siècle, cite diverses mines de fer et de cuivre au Maroc, dont la position est difficile à identifier.

métaux, plomb, cuivre, etc., dans la région qui se trouve au S.-O. du Maroc et qu'on appelle le *Soos*. On en a exploité aussi aux environs de *Fez*.

Enfin, l'**antimoine** se rencontre en des gisements assez nombreux, dont quelques-uns, situés dans des endroits accessibles aux européens, ont été l'objet de concessions, aussitôt retirées dès que le gouvernement marocain eût pris conscience de l'imprudence qu'il venait de commettre. L'une de ces concessions, près d'*Anjerah* et non loin de Tanger, avait été donnée à un Algérien[1]; l'autre, située à *Ziaidah*, entre Rabat et Casa Blanca (côte Ouest), à un italien. Quelques gisements renferment une association d'antimoine et de plomb, que nous retrouverons en Algérie et qui est assez propre à ce type de gisements méditerranéens, notamment au S.-E. du Maroc, contre la frontière algérienne, dans une zone qui va, sans doute, devenir plus accessible aux européens, près l'oasis de Tafilelt et, entre celle-ci et Figuig, un peu à l'ouest de *Kenatsa*, sur la route de l'oasis de Boanam, où travaillent les Kabyles Beni-Sithé. Les marocains connaissent bien les minerais d'antimoine, qui sont exploités, dans tous les pays orientaux, pour fabriquer des couleurs et des fards.

Il faut encore compter, parmi les richesses minérales du Maroc : un certain nombre de gîtes de **sel**, dont il a été question dans un chapitre spécial[2]; un peu de **salpêtre** à Tarudant et près Maroc; des carrières de **granite** entre Maroc et Mogador : des carrières de **marbre** romaines près de Maroc, au Kudiat Ardhus (Kôdeeat Arthoos); des **calcédoines**, dans la même région; du **soufre**, exploité pour la fabrication de la poudre, en face Tarudant, dans l'Atlas ; des **meulières**, exploitées depuis des siècles sur la côte à 6 kil. S. du cap Spartel, au Ras Aschakkar, dans un conglomérat tertiaire.

Les **sources thermales** sont peu nombreuses[3]. On cite les eaux chlorurées et sulfureuses de *Mouley-Yâkoub* dans la montagne entre Fez et Mequinez, celles de *Sidi-Harazem*, du *Djebel-Zalagh* dans la même région, celles de *Kabeelah Glâiah* dans la province Er-Reef, les sources carbonatées de l'oasis de *Tasanakht*, les sources de *Figuig*, etc.

B. — GITES MÉTALLIFÈRES COMPLEXES DE L'ALGÉRIE

En passant la frontière algérienne, nous entrons dans un pays, dont les ressources minérales commencent à être bien connues, sinon

[1] C'est probablement ce filon d'antimoine d'Anjerah, qui, dans certains récits, s'est transformé en un gîte d'étain situé entre Salli et Tetuan, dont le produit aurait été, au XVII[e] siècle, exporté à Marseille.

[2] Page 247.

[3] Dr Weisgerber. *Explorations au Maroc. Les thermes des environs de Fas* (*Fez*) Géographie, 15 mai 1902, p. 335). — D. Budget Meakin. (*Z. f. prakt. Geol.*, févr. 1899. p. 52.

toujours utilisées, et nous avons, pour nous guider, un inventaire méthodique de ces gisements, donné par le Service des Mines, ainsi

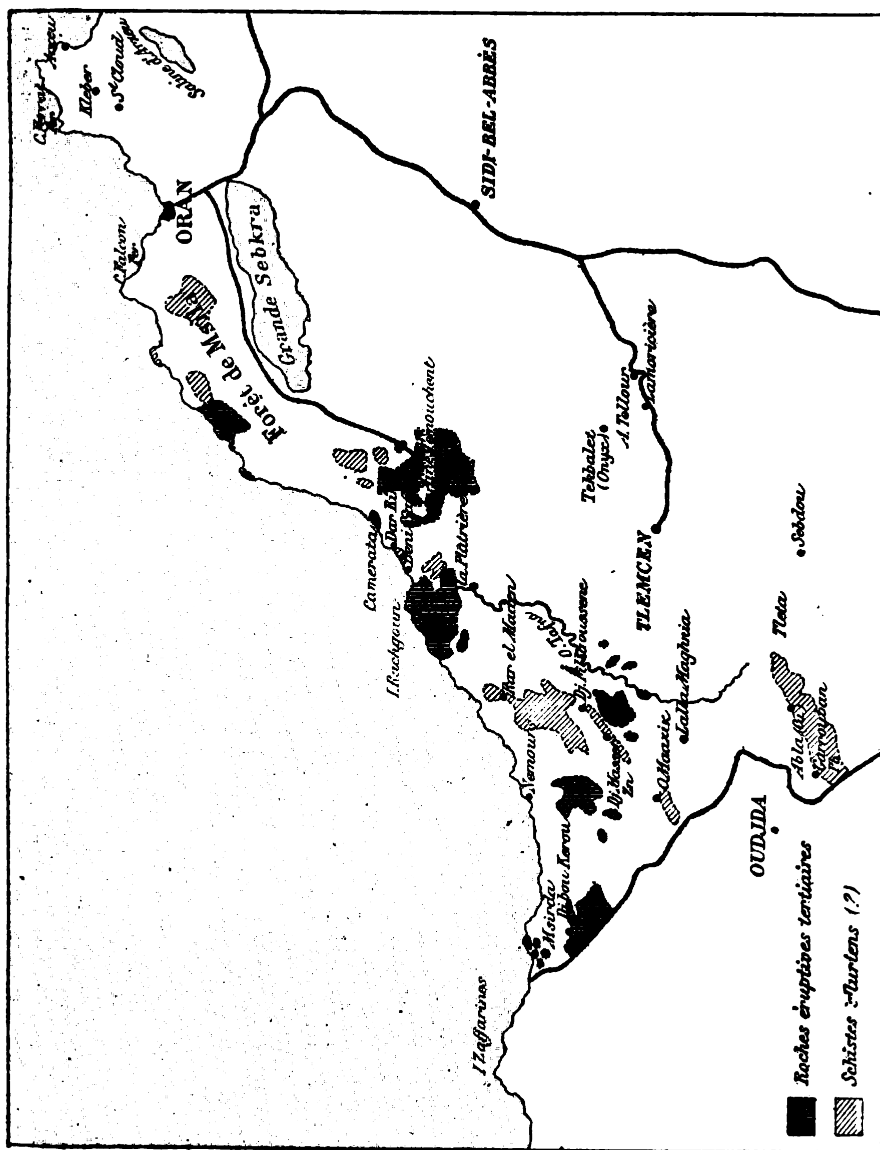


Fig. 64. — Carte géologique et minière de la région Ouest de l'Algérie.
Echelle aux 1 : 1 428 000.

qu'une bonne carte géologique d'ensemble au 1 : 800.000^e (3e édition de 1900), sur laquelle on pourra suivre cette description: les gisements étant, d'après le système adopté dans l'inventaire en question, repérés

par un angle avec le méridien et une distance en kilomètres relativement à une ville importante. Cette carte au 1 : 800.000e commence à être complétée par quelques feuilles de détail au 1 : 50.000e, dont plusieurs, celles de Beni-Saf, de Blida, de Ménerville, de Constantine, portent déjà sur des régions intéressantes par leurs gîtes minéraux [1].

Région à l'ouest d'Oran (fig. 64). — D'une façon générale, ainsi que la remarque en a été souvent faite, le premier département que nous rencontrons en commençant l'étude de l'Algérie par l'Ouest, celui d'Oran, est, si l'on excepte les minerais de fer largement représentés à la Tafna, le moins riche en minerais de toute l'Algérie. Cependant, les abords de la frontière marocaine présentent des venues métallifères d'une certaine valeur, dirigées suivant les grands plissements N.-E. — S.-O., qui jalonnent la contrée et formant peut-être la continuation des minerais que l'on suppose exister au Maroc. Du Nord au Sud, il paraît y avoir là trois zones métallifères principales, en relation avec des anticlinaux, sur lesquels apparaissent, — en même temps que des terrains anciens, et du trias accompagné de pointements ophitiques —, des roches éruptives tertiaires.

Le premier, le plus développé, sur lequel se trouvent les grands gisements de fer de la *Tafna*, suit la côte de Nemours à Beni-Saf, Oran et Arzeu, avec nombreux volcans tertiaires, étudiés : par M. Gentil, autour de Beni-Saf; par MM. Curie et Flamand, en d'autres points. Là sont également les concessions de zinc de *Mazis* (ou *Maaziz*) et *Djebel Masser*, reprises sans grande activité en 1899, ainsi que celle de *Fillaoucen* abandonnée.

Le second, plus au Sud, est celui de *Garrouban* (ancienne mine romaine abandonnée) et *Tleta*, entre Oudjda et Sebdou.

Enfin, le troisième, dans le Sud-Oranais, tout à fait délaissé, est celui du *Djebel-Maïz* au Maroc et des environs d'*Aïn-Sefra*.

En commençant par le Nord, on trouve, sur une même zone N.-E. — S.-O., au nord de Lalla Maghnia, entre cette ville et Nemours, les trois concessions de *Mazis* (ou Maaziz), *Djebel Masser* et *Fillaoucen*. La mine de Djebel Masser est, comme celle de Mazis, un peu exploitée (environ 400 tonnes de calamine par an). Celle de Fillaoucen est, au contraire, abandonnée.

On est là, au contact des schistes anciens, dans un calcaire compact et bien stratifié, passant à la dolomie, qui doit appartenir à l'oxfordien. Les conditions de gisement rappellent beaucoup celles de quelques gîtes du Gard. Les minerais, très disséminés au voisinage de ce con-

[1] Diverses notions générales ont déjà été données aux chapitres du cuivre, du plomb, du zinc, du fer, etc. Ainsi que je l'ai rappelé plus haut, les gîtes de fer, ayant déjà été décrits en détail, ne seront signalés ici qu'incidemment.

tact, remplissent, soit des diaclases ou des plans de stratification du calcaire, soit le contact même ; industriellement, ils ont ce défaut de ne pas se concentrer en amas. Ces minerais comprennent un mélange de galène et de calamine, avec du gypse abondant, accusant la double décomposition du calcaire par le sulfure de zinc au contact des eaux oxydantes superficielles : double décomposition récente, c'est-à-dire très postérieure au premier dépôt des minerais sous leur forme sulfurée, et ayant donné, à la fois, carbonate de zinc et sulfate de chaux. Au Djebel Masser, la même réaction a produit, aux dépens de la galène, un peu de carbonate de plomb (cérusite).

Puis, en décrivant un coude vers le Nord, comme le fait la chaîne ancienne elle-même, on trouve les hématites de *Rar-el-Maden*, celles de la *Tafna*, *Dar-Rih*, *Ténikrent*, *Camerata*, etc., décrites au chapitre du fer [1], quelques gîtes de fer, cuivre et barytine à *Haouïssi*, dans les communaux de Bou-Tlélis, (34 kil. O. d'Oran) ; enfin, à l'ouest d'Arzeu, des indices de cuivre et plomb à *Guessiba*, avec un peu d'oligiste inexploré au *Cap Ferrat*.

Une seconde zone minéralisée commence, à la frontière marocaine, par l'ancienne mine, très importante anciennement et un peu reprise aujourd'hui, de *Gar-Rouban* (ou *Rhar-Rouban*) [2], près de laquelle est un autre petit gîte semblable à *Sidi-Aramon*, mine située à 30 kil. Sud, 7° Ouest de Lalla-Maghnia, le long d'une bande de schistes anciens dirigée N.-E., — S.-O.

Les gisements principaux, composés surtout de galène, avec un peu de cuivre pyriteux et, localement, de la blende, sont intercalés dans ces schistes, où le filon de Gar-Rouban, qui est un filon très net à gangue quartzeuse avec belle fluorine, s'interstratifie à peu près ; mais quelques autres de moindre importance imprègnent, au voisinage, la dolomie bathonienne. Non loin de là, à *Sidi Yacoub*, on a exploité, un moment, pour les besoins de l'ancienne fonderie de Gar-Rouban, des imprégnations d'hématite dans un calcaire liasique. Plus à l'Est, et en se rapprochant de Sebdou, on observe le prolongement probable de la même zone métallisée dans le filon cuivreux d'*Abla*, avec galène et blende, également encaissé dans les schistes anciens, puis dans les gîtes de *Tléta* et *Coudiat-Reças*, qui forment des imprégnations : le premier (avec traces de cuivre), dans l'oxfordien; le second, dans le lias supérieur ou les dolomies bathoniennes.

Certe zone métallifère, par sa position le long d'une bande ancienne, avec imprégnation latérale dans des calcaires d'âges divers (bathonien,

[1] Voir plus-haut, pages 176 à 179.

[2] Les mots Gar, Rar, Rhar, qu'on retrouve assez fréquemment dans les noms de mines arabes, sont des notations différentes d'un même mot, qui veut dire grotte.

oxfordien, etc.), présente, ainsi que je le remarquais déjà tout à l'heure pour la mine de Mazis, quelque analogie avec ce qui existe dans le Gard, près d'Alais, sur la bordure sud-est du Plateau Central.

Aucun de ces gisements n'est exploité aujourd'hui ; mais ceux de Gar-Rouban et Abla ont été fortement attaqués par les Romains. Près de Tleta, à *Djebel Tassa*, le manganèse oxydé paraît former une veine dans un calcaire liasique ou oxfordien.

Beaucoup plus au Sud, on trouve, dans la région d'*Aïn-Sefra* (extrémité de la ligne Sud-Oranaise, à 454 kil. du port d'Arzeu et environ 100 kil. au nord des oasis de Figig), une troisième zone métallifère, qui se rattache probablement à celle de Bu-Anan, Kenadsa et du Djebel Maïz, précédemment signalée à propos du Maroc. Cette zone a été étudiée, en 1892, par M. Dorion.

Il y aurait là, suivant lui, dans les grès du crétacé inférieur (néocomiens ?), qui affleurent autour d'Aïn-Sefra et, notamment, sur les flancs ouest et est du Djebel Aïssa (10 à 20 kil. N.-E. d'Aïn-Sefra), vers l'Oued Mouila, à Tirkount et vers Tiourtelt, une légère imprégnation cuivreuse (carbonatée aux affleurements), qui lui paraît avoir été contemporaine de la sédimentation même : ce qui rapprocherait ce gisement des imprégnations cuivreuses, rencontrées en tant de pays dans des grès permiens, depuis la Prusse rhénane et la Bohême, jusqu'à l'Oural. Cette teneur en cuivre, répartie dans plusieurs petites couches de $0^m,15$ à $0^m,20$ d'épaisseur, ne dépasse pas 2 p. 100.

M. Dorion y voit le produit de la destruction et de la sédimentation de divers filons, situés au N.-E., par exemple dans le *Melabed*, près Redjem-en-Nous, à environ 40 kil. N.-E. d'Aïn-Sefra : filons N.-E. en relation avec des ophites, où l'on a fait des recherches abandonnées.

En 1902, on a trouvé, dans la même zone, à 10 ou 12 kil. S.-O. d'Aïn-Sefra, d'autres grès imprégnés de chalcosine, qui, d'après M. Lantenois, seraient peut-être, non pas néocomiens, mais permo-triasiques, et rentreraient alors dans le type ordinaire en Europe.

Si nous nous dirigeons maintenant vers l'Est, dans l'intervalle des deux dernières zones précédentes, à environ 30 kil. N.-E. de *Saïda*, entre Saïda et Frendrah, l'apparition d'un axe éruptif (accompagné, comme cela arrive presque partout en Algérie, par la réapparition de lambeaux primaires), amène quelques gîtes métallifères, plus ou moins directement en rapport avec les roches éruptives, notamment sous forme d'imprégnations dans les dolomies bathoniennes ou dans l'oxfordien.

C'est ainsi que l'on a signalé là un peu de galène à *Embarka* et *Kselna*, un peu d'hématite à *Beni-Meniarin* et *Franchetti*. Le gîte de Beni-Meniarin, le plus rapproché de Saïda, est dans l'oxfordien : tous les autres étant dans le bathonien. Il se présente, ainsi que celui d'Embarka, en contact immédiat avec une roche éruptive.

Région Centrale de l'Algérie (fig. 65). — Après une assez vaste région stérile en gisements métallifères, nous retrouvons, à l'est de Renault, dans la zone côtière, deux anticlinaux anciens principaux : l'un, sur la côte, allant de Ténès à Gouraya, Cherchel et Alger ; l'autre, qui lui est à peu près parallèle, à une distance de 30 ou 40 kil., allant d'Orléansville à Miliana, Blida, Foundouk et Ménerville. C'est surtout le long de ces axes que sont concentrés les minerais.

Cependant, la première concession (encore inexploitée), que nous rencontrons, celle du *Djebel Hadîd*, à environ 10 kil. E. de Renault, est dans la partie centrale ; l'hématite y forme des chapelets de lentilles, soit au contact du miocène inférieur et de calcaires, peut-être nummulitiques, soit dans le miocène inférieur lui-même. Elle est accompagnée par des veines de cuivre pyriteux, avec sidérose et dolomie ferrugineuse (ankérite)[1].

La zone, qui suit immédiatement la côte, commence, autour de *Ténès*, par d'assez nombreux gisements, surtout cuivreux, de chalcopyrite, galène et pyrite de fer, parfois avec barytine, ayant produit superficiellement des cuivres gris, souvent argentifères, eux-mêmes transformés en carbonates, avec de la sidérose ou de l'ankérite et de l'hématite. Ces gisements sont en filons irréguliers : soit, à l'Ouest, dans les divers niveaux du miocène (tortonien, helvétien); soit, plus à l'Est (Beni-Aquil), dans le crétacé (sénonien)[2]. Plusieurs d'entre eux ont donné lieu, au début de l'occupation algérienne, à des concessions, dont une seule a été exploitée avec une réelle activité : celles de *Oued Allelah*, près de Montenotte. *Beni-Aquil* (27 kil. S.-15° E. de Ténès) est une concession de cuivre sans valeur, quoiqu'on y ait fait, également, quelques travaux : concession, à côté de laquelle on a exploré, en outre, un amas d'hématite rouge dans un îlot miocène reposant sur les schistes sénoniens. Les autres concessions, *Oued Tafflès* et *Cap Ténès*, près de Ténès, n'ont jamais été exploitées. Toutes sont abandonnées depuis 1860. Plusieurs filons de la même région ont été simplement explorés, vers la même époque, à l'*Oued bou-Hallou* (11 kil. S.-6° E. de Ténès), à *Sidi-bou-Aïssi* (9 kil. E.-25° S. de Ténès) et à l'*Oued Dhamous* (34 kil. E.-4° N. de Ténès).

[1] Nous retrouverons cette gangue d'ankérite, c'est-à-dire de dolomie ferrugineuse, dans divers filons cuivreux d'Algérie : notamment, près de Bougie, à Oualil (voir plus loin, page 326). Elle paraît, comme la sidérose, être un produit de métamorphisme secondaire. Sa séparation d'avec les minerais de cuivre, très difficile à cause de leur densité analogue, semble aujourd'hui pouvoir être réalisée magnétiquement.

[2] Burat, dans son *Traité des minéraux utiles*, (5e édition, 1870, p. 308 à 313), donne la coupe du gisement de *Boukhandak*, où des veinules de chalcopyrite et sidérose sont irrégulièrement ramifiées. — Voir Collection Ecole des Mines : 1952. Gîtes d'Oued Allelah au cap Tenez et Oued Merdja, près la Mouzaïa ; 1878, gîte de Beni Aquil.

Entre le Cap Ténès et O. Dhamous, commence une zone d'éruptions andésitiques, qui se continue, presque en droite ligne, de l'Ouest à l'Est, jusqu'à l'extrémité ouest du Sahel et, là, se divise en deux branches, embrassant cette zone déprimée, l'une vers Desaix, l'autre vers Mouzaïaville.

Sur toute cette côte, il y a d'assez nombreux gisements de fer, qui se présentent, pour la plupart, sous la forme de filons d'hématite dispersés dans les marnes et passent bientôt à la sidérose dans la profondeur. Aucun de ces gîtes ne présente assez de tonnage pour être exploitable.

Plus loin, sur la côte, les gisements, concédés mais inexploités, de *Gouraya*, *Aïn-Sadouna* et de *Messelmoun* forment la suite des précédents. Aux affleurements, ce sont des filons d'hématite, encaissés : aux deux premières mines, dans le sénonien ; à la dernière, partie dans le sénonien également, partie dans des marnes du miocène inférieur ; mais, quand on s'enfonce, on voit vite qu'on est sur le chapeau ferrugineux de filons complexes. A Gouraya et Aïn-Sadouna, on a trouvé bientôt de la sidérose avec un peu de cuivre gris et de la barytine, qui eux-mêmes auraient passé à la chalcopyrite, si on avait continué. A Messelmoun, l'hématite s'est trouvée accompagnée de galène, suivant une observation dont j'ai déjà fait remarquer la fréquence, quand nous avons étudié précédemment ces gisements de fer algériens [1].

Une autre zone métallifère, qui suit un alignement de terrains anciens et de lias entre Orléansville et Blida, commence par le *Djebel Temoulga* (21,5 kil., E.-4° N. d'Orléansville). Il y a là, dans des marnes schisteuses subordonnées aux calcaires liasiques, quelques imprégnations cuivreuses, accompagnées, dans ces calcaires mêmes, par des amas de substitution d'hématite, qui offrent une certaine extension et ont été exploités à ciel ouvert de 1872 à 1876. On trouve, en même temps, de l'ocre jaune.

Un peu plus à l'Est, dans la vallée du Chéliff (43 kil., E.-3° N. d'Orléansville), les gisements de fer de *Rouïna*, qui se présentent dans des conditions analogues et ont été exploités à ciel ouvert à la même époque, ont de nouveau attiré l'attention récemment. Des amas d'hématite, en partie tendre, en partie siliceuse et dure, y occupent une grande extension dans des calcaires liasiques, auxquels ils se sont substitués.

Puis, à 11 kil., S-O. de Duperré, on trouve, toujours dans les mêmes conditions, les hématites de *Sidi Sliman*.

Enfin, les environs de *Miliana* sont riches en minerais, qui ont fait d'abord concevoir de grandes illusions, mais qui se sont trouvés beaucoup trop disséminés pour donner des résultats pratiques. On recom-

[1] Page 180.

Fig. 65. — Carte minière de la région centrale de l'Algérie.

Echelle aux 1 : 1 450 00

mence, actuellement, des explorations sur certains d'entre eux, qui se composent de chapeaux de fer puissants, dans les schistes anciens, avec pyrite de cuivre disséminée (Zaccar-R'harbi, etc.). Citons seulement, à 2 kil., O., de la ville, les veines pyriteuses et galénifères, avec chapeaux d'hématite plus ou moins ocreuse, d'*Oued Rehan*, au contact des marnes du gault et d'une roche éruptive blanche. Plus loin, c'est *Zaccar-R'harbi* (1300 m. E.-N.-E. de Miliana), où l'on connaît des veinules de galène avec carbonate de plomb et des amas importants d'hématite, substitués au calcaire liasique. Ce gîte a donné lieu à d'anciens travaux arabes ; on en a extrait autrefois jusqu'à 50.000 tonnes de minerai de fer en un an ; le travail est, depuis longtemps, arrêté, mais on songe, comme je l'ai dit précédemment, à le reprendre.

Bornons-nous à noter encore les veinules de cuivre pyriteux, plus ou moins oxydé et carbonaté, avec sidérose et hématite, parfois aussi avec galène, d'*Aïn-Kerma* (4 kil., O. 15°N. de Miliana) d'*Aïn-Soltan* 9 kil. S. 33°E. de Miliana), d'*Oued Adelia* (7,5 kil., E. 5° S. de Miliana), d'*Hammam-Rhira* (16 kil., E. 34°N. de Miliana) : veinules encaissées dans des terrains variables, crétacés ou miocènes (Gault, Burdigalien, Helvétien). On a fait là des explorations vers 1856.

Puis, après une lacune d'une trentaine de kilomètres, les mines de cuivre, un moment fameuses, de *Mouzaïa*[1] (10 kil., N.-N.-O. de Médea) commencent une nouvelle zone minéralisée, qui, au sud de la Mitidja, se continue vers Blida, Soumah et Rovigo.

Près de Mouzaïa-les mines, sur le versant Sud du djebel Mouzaïa, constitué par l'ensemble schisteux ancien connu sous le nom de schistes de la Chiffa, il existe, soit dans ces schistes, soit surtout dans les calcaires et marnes du crétacé inférieur, de nombreux filons irréguliers de cuivre gris argentifère, avec sidérose et barytine, accompagnés, à la surface, par des dépôts d'hématite et passant, en profondeur, à des chalcopyrites. Ces mines, découvertes vers 1844, furent l'objet, vers 1853, d'une exploitation et surtout d'une spéculation très actives. On prétendait alors y avoir trouvé jusqu'à 4 et 5 kilogrammes d'argent à la tonne. Abandonnées depuis 1876, elles ont donné lieu, dans ces dernières années, à une de ces tentatives de reprise, qu'on voit s'attaquer périodiquement à certains gîtes, sans que les insuccès antérieurs, ajoutés les uns aux autres, découragent les explorateurs nouveaux.

[1] Ces gîtes, signalés d'abord par Rozet lors de la première expédition des Français au sud de l'Atlas, ont été décrits et figurés par BURAT, dans sa *Géologie appliquée*. — Voir Cartes géologiques au 1 : 50.000 de Blida et de Médéa par FICHEUR. — EBELMEN. *Analyse du cuivre de Mouzaïa* (Ann. mines, 4e série, t. XI, p. 47) ; FLAGELOT. *Sur la forme du cuivre gris de Mouzaïa* (Ann. mines, 5e série, t. III, p. 652.) Lieutenant-Colonel HENNEBERT. *La Renaissance des Mouzaïa* (Nature, 1896, t. I, 283). Une ligne de chemin de fer, reliant Blida à Médéa, passe maintenant à Mouzaïa.

La concession de Mouzaïa se prolonge, vers le Sud-est et l'Est, par celles de l'*Oued Merdja* et de l'*Oued Kébir*. A *Oued Merdja* (11 kil., S.-S.-O. de Blida, tout près de la maison des mines de Mouzaïa) on a exploité, avant 1868, des filons de cuivre pyriteux avec dolomie ferrugineuse, dans le néocomien. Plus au Nord, à 3,5. kil., E.-N.-E. de Blida, on a fait, vers 1875, une tentative d'exploitation, à l'*Oued Beni-Aza*, sur des filons complexes de galène, cuivre pyriteux et blende, éparpillés dans les marnes sénoniennes et les schistes de la Chiffa. Enfin, toujours le long de la même zone des schistes de la Chiffa, à quelques kilomètres N.-E. de l'O. Beni-Aza et au sud de Boufarik (9 kil., E, 27° N. de Blida), se trouve la concession de fer de *Soumah*, où une tentative malheureuse d'exploitation, arrêtée en 1883, a été faite sur un filon encaissé dans le Gault, offrant, à la surface, de l'hématite et, plus bas, de la sidérose, avec de la pyrite et de la chalcopyrite, qui forment évidemment le minerai primitif, dominant en profondeur.

On peut encore citer, à peu près dans la même région, mais plus au Sud et déjà en plein massif crétacé, le gîte cuivreux de l'*Ouled Abed* (13,5 kil., S- 48°E. de Blida), où un gros filon d'hématite dans l'albien et le cénomanien offre : à son mur, quelques veinules de cuivre gris ; à son toit, des indices de galène et de calamine.

On a cherché, pour ces divers gîtes, une relation avec des roches éruptives (des diorites (?) suivant Czyszkowski), qui n'apparaît pas nettement. Il existe seulement, dans la région, plus à l'Est, des pointements ophitiques avec gypse et cargneules et quelques tufs basaltiques, au sud de Mouzaïa.

Plus au Nord et en continuant à suivre la bordure sud de la Mitidja, vers l'Est, on trouve *Oued Bouman* (12,5 kil., S.-33°O. de Rovigo) et *Oued Ouradzgea* (10 kil., S. de Rovigo) : veinules de cuivre pyriteux et cuivre gris avec hématite, dans le cénomanien. Enfin, à 8 kil., S. 39°E. de l'Arba, à *Tarazeouïne* et à *Azerou*, toujours dans le cénomanien, on a signalé des filons de cuivre pyriteux, avec un peu de galène et blende.

Au Sud de cette zone métallisée, se trouvent quatre gites plus importants, qui constituent les principales exploitations de zinc dans le département d'Alger, Ouarsenis, Sakamody, Guerrouma, Nador Chaïr, et qui méritent une description un peu plus détaillée.

Ouarsenis[1] (42 kil. S. 39°. E. d'Orléansville) doit comprendre, en profondeur, un certain nombre de filons sulfureux complexes (blende, pyrite, galène), au milieu d'un îlot liasique, divisé en plusieurs dômes très plissés et très faillés, entourés par des terrains crétacés et accom-

[1] L. GENTIL. *Sur les gîtes calaminaires de l'Ouarsenis* (As. Fr. Av. Sc. C. Bordeaux, 1re partie, p. 268 ; 2e, p. 542-551).

pagnés par un peu de trias. A la surface, on exploite, en réalité, divers amas calaminaires, renfermant de fort belle calamine, analogue à celle de Sardaigne, avec un peu de galène, blende, hématite et sidérose. C'est l'exploitation de zinc la plus importante du département d'Alger; elle produit, suivant les années, 5 à 10000 tonnes de calamine et cette production dure déjà depuis un temps assez long.

Vers l'Est, nous pouvons mentionner en passant la concession de cuivre d'*Oued Kebir* (inexploitée depuis 1866) (45 kil. S.-S.-E. Blida), où divers filons de cuivre pyriteux, sidérose et hématite, partiellement remplis par les débris du terrain encaissant, traversent le cénomanien.

Plus à l'Est encore, mais vers le Nord, la chaîne du petit Atlas, au sud-est de Rovigo et l'Arba, présente, dans les calcaires marneux et schistes du cénomanien, un système de fissuration, prolongé mais irrégulier par suite de la constitution même du terrain, où l'on exploite, sans résultats bien fructueux, divers gisements de zinc. Ces filons n'ayant pas rencontré là de calcaires proprement dits, les calamines font défaut et les minerais, demeurés à l'état sulfuré, se composent de blende avec un peu de galène accessoire. A *Sakamody*, on produisait, en 1891, environ 10 000 tonnes; on est tombé à peu près à 3000. Un grand travers-bancs de 800 mètres, qui vient d'être terminé, y a recoupé récemment le filon, à 200 mètres au-dessous des parties explorées jusqu'ici. Une laverie importante fonctionne à la mine.

Ce gisement de *Sakamody*[1] (14 kil. E., 31° S. de l'Arba), qui est le plus à l'ouest de la zone métallifère en question, traverse l'un des contreforts septentrionaux détachés de la ligne de crêtes séparant l'Oued Hamidou de l'Oued Arbatach. Il représente plutôt une zone de métallisation, un système de fissures, alignées suivant une direction générale, qu'un véritable filon.

On a là, sur une assez grande longueur, une large zone blendeuse, qui se prolonge sur les concessions de *Sakamody*, *R'arbou* (au voisinage), *Guerrouma* (15°,5. O.-33°, S. de Palestro), *Nador-Chaïr* (10 kil. O., 38° S. de Palestro) et comprend encore, plus près de Palestro, *Oued-Arkoub* et *Coudiat-Rhiran*. Les roches encaissantes sont des schistes crétacés. Suivant une remarque précédente, faute de calcaires, les calamines n'existent qu'aux affleurements : jusqu'à 25 ou 30 mètres de profondeur à Sakamody; jusqu'à 90 mètres à R'arbou. Le remplissage principal est formé de blende et galène. La gangue est souvent calcaire à R'arbou, chargée de sulfate de baryte et de fer spathique à Guerrouma; à Sakamody, on a affaire uniquement à une brèche de débris des schistes encaissants cimentés par de la blende, qui,

[1] Coll. *Ecole des Mines*, 1699.

par endroits seulement, devient massive avec très peu de galène disséminée.

Le filon ne présente pas de salbande, quoique, après le remplissage, il y ait eu un certain glissement sur le toit. L'irrégularité, dans ce terrain de schistes peu consistants, est assez grande en profondeur comme en direction.

Est de l'Algérie. — A la zone métallifère du sud de la Mitidja succède une région d'un caractère tout différent, la Kabylie, où un noyau de terrains archéens, primaires et jurassiques est directement entouré par du tertiaire, sans interposition de crétacé.

Sauf quelques petits gisements de fer oligiste et de fer oxydulé dans l'archéen (parfois au voisinage de liparites), que j'ai signalés précédemment, près de Ménerville [1], cette région est pauvre en gîtes métallifères et il faut se rapprocher de Bougie pour trouver des gisements un peu importants ; mais, à partir de cette dernière ville, dans toute la province de Constantine et la Tunisie, les filons se multiplient à tel point de tous côtés qu'il devient difficile, au moins dans l'état actuel de nos connaissances, d'y suivre des zones bien caractérisées, comme nous l'avons tenté jusqu'ici. J'essayerai toutefois de le faire, simplement pour mettre un peu d'ordre dans la description, sans me dissimuler ce que ce classement peut avoir de factice et d'incomplet et j'étudierai successivement :

1° La zone côtière de la petite Kabylie, jalonnée par les pointements éruptifs tertiaires de Bougie, Cavallo, Collo, Cap-de-fer, Cap-Takouch et du nord de Bône, avec lesquels un certain nombre de filons, intéressants pour cela même, se trouvent en relation (Teliouïne et Tadergount, près Bougie ; Cavallo ; Oualil, près Djidjelli ; Collo, etc.) ;

2° La zone archéenne de Djidjelli à Philippeville, au Filfila et à Bône, où se trouvent surtout de grands gisements de fer, tels que ceux de Mokta, dont la description a déjà été faite, mais, en même temps, des filons de plomb, zinc, cuivre, antimoine, mercure, en relation possible avec les mêmes roches éruptives, qui recoupent cet archéen ;

3° La chaîne crétacée, située au nord de la première ligne de Chotts et comprenant le plomb de Beni Chebana, les calamines de l'Oued Zitouna, de Semmah, d'Anini (au N.-O. de Sétif) ; les minerais divers de la région de Guelma à Jemmapes, caractérisés par l'association de l'antimoine et du mercure avec le zinc (Ras-el-Ma, Djebel-Taya, Hammam-N'Bails, etc.), auxquels je rattacherai ceux du Dj.-Hamimat ; enfin les minerais des environs de Souk-Arrhas ;

4° La zone, située entre 100 et 150 kilomètres de la côte, qui com-

[1] Page 181.

mence, entre Sétif et le Chott el-Hodna, par les gîtes complexes de l'Oued Soubella et du Bou-Thaleb, se continue par les nombreux minerais des environs de Batna, présente enfin les amas calaminaires avec galène et les filons cuivreux accompagnés de grands chapeaux d'hématite, qui ont récemment occupé l'attention entre Souk-Arrhas et Tébessa (Dj. Ouenza, Dj. bou Kadra, Dj. bou-Jaber, etc.);

5° Tout à fait au Sud, la zone de Khenchela et de Tébessa, où se trouvent également quelques gisements de blende et galène, avec transformation superficielle calaminaire.

1° Zone côtière à gisements complexes (cuivre, plomb, zinc, fer), en relation fréquente avec des roches éruptives tertiaires. — Commençons donc par les environs de *Bougie,* où les minerais métalliques sont nombreux et ont motivé des recherches déjà anciennes[1] (fig. 66).

Un premier gisement de fer situé à *El-Matine* (ou *Timezrit*), sur la ligne de Beni-Mansour à Bougie, va être bientôt concédé. Il se compose, comme on l'a vu plus haut [2], d'hématite en amas de substitution dans le lias, et se rapproche par là des gîtes de Temoulga et de Rouïna, précédemment signalés sur le prolongement de la même ligne de dépression, qui va de Bougie à Oran, entre Orléansville et Miliana. Un câble de 3 kilomètres de longueur est installé pour desservir ce gisement; des travaux anciens, probablement Kabyles, y ont creusé autrefois des excavations, qui représentent peut-être un cube de 30 000 tonnes.

Au sud et au sud-est de Bougie, dans la Petite Kabylie [3], on a constaté quelques indices de plomb dans le sénonien ou le cénomanien, parfois en rapport avec une roche éruptive comme à *Tebellout-el-Kaoul* (17 kil. S. — 15° E. de Bougie); on a également trouvé un peu de calamine ou de blende dans le lias et le nummulitique; mais les gisements, qui ont surtout attiré l'attention autrefois, sont des filons complexes, — pouvant renfermer cuivre gris ou chalcopyrite avec sidérose et hématite, parfois barytine, accessoirement blende, calamine, pyrite de fer et galène, — que l'on a considérés industriellement comme des gisements de cuivre gris argentifère et sur lesquels ont été faites, à diverses reprises (1866 à 1869, 1874 à 1878, 1898) des recherches sans grands résultats pratiques. Deux de ces gisements seulement ont été concédés : *Djebel Teliouïne* (26 kil. S. — 10° E. de Bougie) et *Tadergount* (34 kil. S. — 40° E., Bougie). Le Djebel Teliouïne, sur lequel on avait écrit des rapports enthousiastes, n'a donné aucun résultat. A

[1] Czyszkowski. *Exploration sur les gîtes récemment découverts au sud de Bougie,* 1879, 23 p. in-4°, avec 2 pl. de cartes et coupes.

[2] Page 181.

[3] 1882. Fuchs. *Sur les gîtes de fer et de cuivre gris de la Petite Kabylie* (Ass. Fr Av. Sc.; Sess. 10, p. 567).

Tadergount, où le filon est nettement caractérisé dans des schistes probablement liasiques, on fait, en ce moment même, un nouvel essai et l'on a ouvert, en 1900 et 1901, au moyen d'un travers-bancs, un niveau plus profond, au-dessous de ceux qui avaient été précédemment

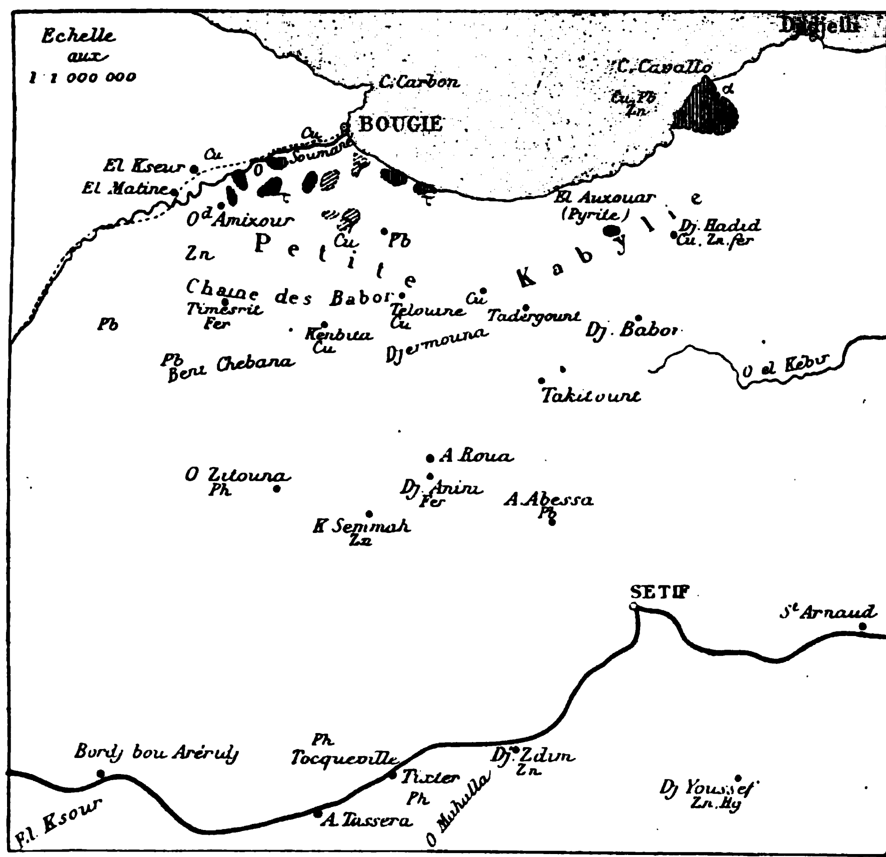


Fig. 66. — Carte minière de la région de Bougie et Sétif.

Echelle aux 1 : 1,000.000.

exploités, puis envahis par les eaux. Le filon, peu épais, paraît assez riche en cuivre gris.

Si l'on cherche à se faire une idée un peu générale sur toute cette région, on voit qu'il y existe, en résumé, une chaîne liasique, dont le plissement paraît antérieur au sénonien : caractère retrouvé également par M. Ficheur au Bou-Thaleb, où existent des poudingues sénoniens, renfermant des débris de lias remanié. Néanmoins, les émer-

gences de lias se font, en général, par failles, suivant la forme d'une série de dômes, qui contrastent avec les grands plis allongés du Djurjura. Autour de ces îlots liasiques, le crétacé est, presque entièrement, schisteux ; les filons imprègnent, soit des fissures à peu près interstratifiées de ces schistes, soit des fractures du calcaire liasique, pour la plupart sans continuité et vite coincées en profondeur.

Ces divers filons se rapprochent, par leurs caractères géologiques, de ceux que nous venons de rencontrer à Mouzaïa et Miliana. Ils semblent toutefois en rapport bien plus direct avec les roches éruptives tertiaires, notamment à *Igzer el-Bghall* (18 kil. S.-6° O. de Bougie), *Tagma* (16 kil. S.-1° O. de Bougie), *Tizi-Hamed* (*Beni-Ham-rous*) (17 kil. S.-40° E. de Bougie) et, tout à l'heure, nous aurons, sur le prolongement de la même zone, le gîte de *Cavallo*, qui est absolument encaissé dans ces roches. La minéralisation ordinaire, qui commence par du cuivre gris et de l'hématite aux affleurements, passe, suivant la loi générale, plus ou moins vite, aux chalcopyrites, accompagnées de pyrite. En raison de la présence de cette pyrite, il s'est développé, par endroits, dans les calcaires massifs du lias, qui se prêtaient à la substitution, des amas irréguliers d'oxyde de fer, ayant fait l'objet d'anciens travaux d'exploitation importants.

La zone métallifère principale, à peu près Est-Ouest (de 40 kil. de long), comprend *Aït-Abbès*, *Teliouïne*, *Tadergount*, *Tizi-Ouzal* et *Babor*. A Tizi-Ouzal, le gîte est en contact direct avec la roche éruptive. A *Beni-Felkai* (36° S.-44° E. de Bougie), on étudie actuellement, pour fer, un puissant filon ferrugineux, avec rares pénétrations de cuivre gris dans le lias.

D'après MM. Curie et Flamand, la série pétrographique de cette région, avec laquelle nous supposons les filons en relation, est formée de roches granitiques tertiaires, recoupant certainement le sénonien et probablement l'éocène : elle présente des granites amphiboliques et des granulites, parfois mouchetées de pyrite de fer. Il existe, en outre, des trachy-andésites et des liparites.

Nous retrouverons, tout à l'heure, à Collo (O. de Philippeville), des microgranulites à pinite, à peu près du même âge ludien et des rhyolites et dacites un peu plus récentes, avec gîtes métallifères directement en rapport. L'étude détaillée de toute cette région paraît être de nature à éclairer un jour certains phénomènes relatifs à ces relations encore obscures des métaux et des roches.

Continuant toujours vers l'Est l'étude de cette même zone côtière, nous arrivons à une région métallifère d'un certain intérêt, où deux gisements, qui semblent avoir une origine commune, vont être bientôt concédés : l'un, pour cuivre, à *Oualil*, ou *Djebel Hadid* (25 kil. S.-15°. O de Djidjelli) ; l'autre, pour pyrite de fer, à *El-Auzouar* (39 kil. E.-25° S.

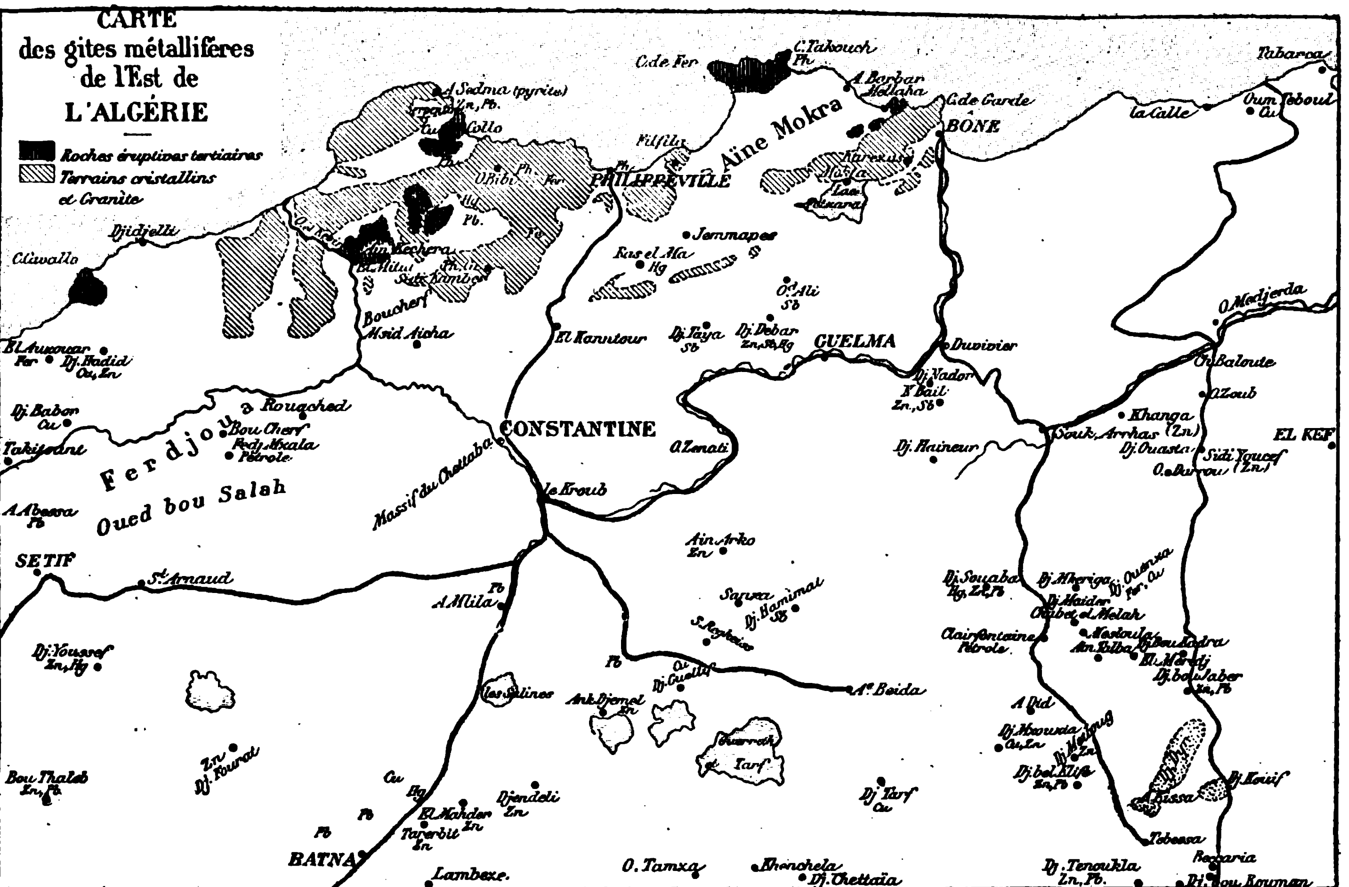


Fig. 67. — Carte des gîtes métallifères de l'Est de l'Algérie.

Échelle au 1 : 1,700.000.

de Bougie), en un point antérieurement exploré sous les deux noms, d'abord d'*Aït-Achour*, puis de *Mansouria*.

A *Oualil*, on est dans les schistes bitumineux du sénonien, au voisinage de leur contact avec les calcaires liasiques ; il paraît s'être formé un pli avec décrochement et il en est résulté une série de veinules ou filons métallifères, dont le principal est composé de chalcopyrite avec ankérite et hématite (sans cuivre gris), dont quelques-uns également sont incrustés de cuivre gris, ou contiennent de la blende.

Le filon d'Oualil, connu sur 200 mètres de long et 50 mètres de profondeur, donne des minerais à 3 ou 4 p. 100 de cuivre, qu'on espère pouvoir amener à 17 p. 100, par une séparation magnétique (système Whetherill).

Le gisement pyriteux d'*El-Auzouar*, dont j'ai déjà dit quelques mots dans les généralités relatives au fer [1], apparaît dans le fond d'un ravin, qui recoupe, successivement, de l'amont à l'aval : d'abord, un calcaire, soit triasique, soit liasique ; puis des schistes liasiques, et, de nouveau, des calcaires. Le thalweg, très incliné dans les calcaires, est, au contraire, très adouci dans les schistes. La lentille de pyrite affleure sur le flanc du ravin, dans le massif calcaire, quoique non loin du contact des schistes. Elle n'est en contact avec aucune roche éruptive, contrairement à ce qui avait été dit, dans une ancienne description, par Tissot ; il y a seulement, en amont, un beau pointement d'ophite, en relation avec la présence du trias, représenté, outre ces calcaires, par des schistes, quartzites, etc.

La présence d'une lentille de pyrite en plein calcaire est intéressante à noter ; celle-ci est seulement recouverte d'un chapeau de fer oxydé de 4 mètres environ d'épaisseur. Mais, en outre, à son toit, il existe environ 10 mètres d'oxyde de fer, au-dessus de 10 mètres de pyrite. Un travers-bancs, montre bien du calcaire des deux côtés de cette minéralisation. Au mur, ce calcaire, en contact direct avec la pyrite, renferme d'assez nombreuses mouches de pyrite de fer, avec un peu de cuivre, bien que le gisement ne semble pas contenir, en proportions sensibles, ce dernier métal et des traces de sidérose.

Ainsi que je l'ai dit précédemment, l'explication de ces faits assez anormaux me paraît être dans une érosion rapide, qui aura atteint directement une masse de pyrite filonienne, sans que cette pyrite ait auparavant subi la transformation, relativement profonde, en sidérose et, ensuite, dans une oxydation encore incomplète de cette pyrite ainsi mise au jour : oxydation, qui se traduit, néanmoins, au toit, par la formation d'une zone notable d'hématite.

Le cube reconnu de ce gisement a été évalué à 30 ou 40.000 tonnes.

[1] Page 174.

C'est l'exemple le plus important, reconnu jusqu'ici dans cette région, d'un système d'amas pyriteux, assez nombreux autour de Bougie et souvent situés au contact des roches éruptives tertiaires avec divers terrains, notamment les schistes de l'éocène supérieur. A El-Auzouar, la pyrite, très pure, renferme de 50 à 52 p. 100 de soufre.

On se propose d'aller recouper l'amas à 50 mètres de profondeur, par un travers-bancs partant d'un ravin voisin. On doit organiser, en outre, un câble porteur d'environ 8 kilomètres jusqu'à la mer et utiliser la pyrite, soit en Algérie même à la fabrication de l'acide sulfurique destiné aux superphosphates [1], soit à l'étranger, par exemple en Italie.

La concession inexploitée de *Cavallo* (18,5 kil. O.-27° S. Djidjelli), porte sur des lentilles de minerai complexe, galène, blende, pyrites de cuivre et de fer, dans des roches éruptives tertiaires. Il y a eu là, sur un gisement qui se rapproche un peu de celui de Kef-oum-Theboul décrit plus loin, une exploitation active, ayant pu produire environ 20.000 tonnes de minerai préparé.

Puis, nous trouvons l'important massif éruptif, qui s'étend de Collo au cap Bougaroun et comprend surtout trois catégories de roches : des serpentines, dérivant de lherzolites; des microgranulites à pinite tertiaires, passant à des liparites, avec porphyres pétrosiliceux fluidaux ou perlitiques, probablement de l'âge du ludien; enfin, des liparites à quartz globulaire, des dacites, des diorites quartzifères, des dolérites andésitiques, etc.

Les serpentines renferment, par une association tout à fait générale, les seuls petits gîtes de fer chromé reconnus en Algérie, ceux de *Taffercha* et d'*Euch-el-Bez*. Le gîte complexe (chalcopyrite, galène et blende) de *Ouïchaoua-Riffla* (4 kil. O. de Collo) est également décrit comme associé à la serpentine.

En rapport avec les microgranulites, à leur contact avec le nummulitique, se trouvent *Cheraïa* (5 kil. O.-21° N. de Collo) et *Oued-Bou-Assès* (9 kil. O., 28° S. de Collo), où l'on observe des fissures incrustées de chalcopyrite, blende, galène et calcite. Dans le premier gîte, il y a, en outre, de grandes masses de pyrite de fer. Enfin, on connait, en divers points du massif éruptif lui-même, des associations de pyrite de fer, magnétite et oligiste : à la concession d'*Aïn-Sedma*, reprise en 1898

[1] Une fabrique de superphosphates existe déjà à Bône et a consommé, en 1901, 3.505 tonnes de phosphates pour produire 5.960 tonnes de superphosphate. La pyrite, qui vient d'Huelva, coûte 23 francs la tonne sous palan pour une teneur en soufre de 48 p. 100. D'autre part, on importe actuellement à Alger 2.000 tonnes de superphosphate ou phosphate pour les besoins de l'agriculture et 2.000 tonnes de sulfate de cuivre pour le traitement des vignes.

(11 kil. O.,-25° N. de Collo), à *Sidi-Driss* (*Ouled-Mrabet*), *Sidi-Ouaret* et *Bou-Jersoun* (11 à 13 kil. N. de Collo).

C'est toujours en rapport avec la même série éruptive tertiaire que se trouve un assez beau filon complexe récemment découvert et concédé à *Aïn-Kechera* (ou *Chabet-Aïn-Far*), près *El-Milia*, filon comprenant blende, galène, chalcopyrite et pyrite de fer. On a là une épaisseur d'environ 0,40 m. en minerais massifs et presque sans gangue.

Au *cap Takouch*, au N.-O. de Bône, on connaît un peu de plomb avec les mêmes roches; puis en se rapprochant de Bône, la concession abandonnée de *Aïn-Barbar* (22 kil. O.-24° N. de Bône), où l'on a trouvé autrefois, avec de la chalcopyrite, de magnifiques cristaux de blende noire, connus des minéralogistes[1], celle de *Mellaha* (13,5 kil. O.-30° N. de Bône), ainsi que les recherches de la *Voile-Noire* (12,5 kil. N.-40° O. de Bône) portent sur des filons complexes de pyrite, chalcopyrite et blende à gangue quartzeuse, au contact de trachytes avec des schistes éocènes (ludien) ou des terrains cristallophylliens.

C'est évidemment encore dans le même groupe de filons complexes, rattachés à des roches éruptives tertiaires, qu'il faut faire rentrer le gisement plus important de *Kef-Oum-Theboul*, près du port de la Calle[2]. Une description un peu plus détaillée de ce gisement pourra servir de type pour tous ceux du même genre.

La montagne du Kef, composée de marnes schisteuses et grès tertiaires (fig. 68), est traversée par un filon ramifié, dirigé E.-O., incliné vers le Nord à 65°, et recoupant les schistes sous un angle assez faible On distingue, dans ce filon, trois principales veines : veine du toit connue seulement à l'Est, veine principale et veine du mur. A l'Est, le filon vient buter et s'arrêter contre une autre veine N.O.-S.E., dite la veine du cuivre.

Le remplissage est formé de pyrites de fer et de cuivre, blende et galène argentifère avec quartz dominant, barytine accidentelle et argile blanche. Ces minerais sont toujours mélangés intimement (ce qui rend la préparation mécanique difficile) et semblent faire partie d'une même venue métallifère; pourtant on trouve isolément de la pyrite de fer ou de la galène; mais le minerai cuivreux est toujours complexe. On a cru remarquer que la pyrite de fer avait cristallisé avant la pyrite de cuivre et celle-ci avant la blende. La teneur en argent diminue rapidement en profondeur.

Les parties riches du filon présentent la forme de colonnes plongeant légèrement de l'Ouest vers l'Est, comme le montre une coupe théorique

[1] Lacroix. *Minéralogie de la France*, II, 537.

[2] *Coll. Ecole des Mines* 1786 ; — *Traité des gîtes minéraux et métallifères*, t. II. p. 269 à 271 : avec plan détaillé et bibliographie.

Est-Ouest (fig. 69) dans le plan du filon. Ces colonnes, au nombre de trois, se rejoignent près des affleurements, formant là une zone riche continue, depuis longtemps épuisée.

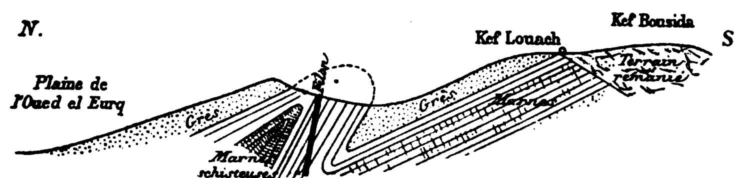


Fig. 68. — Coupe géologique de la région de Kef-oum-Theboul.

La colonne de l'Ouest se prolonge, sans accident, jusqu'à 80 mètres au-dessous du 10e niveau ; la colonne du centre se bifurque assez vite ; celle de l'Est, ou Grand-Large, est formée de la réunion de la veine principale avec la veine du mur et la veine de cuivre : cette dernière,

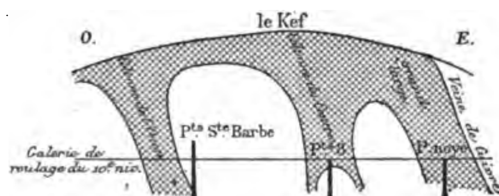


Fig. 69. — Coupe verticale (théorique) du gisement de Kef-oum-Theboul.

résultant d'une cassure un peu oblique sur le filon Est-Ouest principal, paraît avoir été remplie en même temps.

Les minerais extraits se répartissaient, au moment où l'extraction était active, en 1888, de la façon suivante :

En général 1 000 kil. de minerai brut donnent 717 kil. de minerai de fusion.

- Galène : 1 p. 100 (47,6 p. 100 plomb ; 1 230 grammes d'argent par tonne).
- Pyrite cuivreuse, n° 2 : 1 p. 100 (cuivre : 14 p. 100 ; argent : 900 grammes par tonne).
- Pyrite cuivreuse, n° 2 *bis* : 1,5 p. 100 (cuivre : 4 p. 100 ; argent : 1 480 grammes par tonne).
- Pyrite cuivreuse n° 3 : 40 p. 100 (cuivre : 2,45 p. 100 ; argent : 400 grammes par tonne).
- Blende. . . . . . 1 p. 100 (zinc : 35,75 p. 100 ; argent : 260 grammes par tonne).
- — galénifère. 1 p. 100 (9 p. 100 de plomb).
- Complexes lavés : 30 p. 100 (cuivre : 1,76 p. 100 ; argent : 300 grammes par tonne).
- Complexes en roche (ne se vendant pas), 7 p. 100.
- Stérile : 17,5 p. 100.

En 1888, l'extraction était de 14.400 tonnes de minerais, valant 337 000 francs, que l'on exportait, soit à Anvers, soit à Swansea. Quel-

ques années après, l'exploitation a été arrêtée. On l'a reprise, en 1901, sans grande activité, à la suite de la hausse importante réalisée sur les cours du cuivre.

2° Zone archéenne de Djidjelli à Bône. — La zone archéenne, qui va de Djidjelli à Philippeville et Bône, est surtout remarquable par quelques grands amas d'oligiste et magnétite, analogues à ceux de la Scandinavie, dont les principaux sont ceux de Mokta-el-Hadid; ces amas ont été décrits au chapitre du fer[1]. Il existe, en outre, quelques filons de métaux divers, qui ont bien des chances pour appartenir encore à la zone éruptive précédemment décrite, dont ils sont très voisins et pour ne se trouver dès lors, au milieu des terrains cristallophylliens que par un phénomène tout accidentel, comme ils auraient pu être dans l'éocène un peu plus loin, mais dont la venue pourrait également, à la rigueur, être plus ancienne, en sorte qu'il parait préférable de les signaler ici séparément (fig. 67).

C'est ainsi, par exemple, qu'à *Bir-Beni-Salah* (17 kil. S. de Collo), on a exploité un moment une association de cinabre et galène argentifère, tout à fait analogue à celle que l'on rencontre dans d'autres gisements tertiaires d'Algérie et de Tunisie (Djebel Souhaba, au Sud de Souk-Arrhas, etc.).

On a exploré aussi, entre Collo et Philippeville, au milieu des gneiss et des micaschistes, divers filons de galène, parfois avec blende, pyrite, cuivre gris et dépôts d'hématite superficiels, c'est-à-dire rentrant eux aussi dans le type ordinaire de nos filons complexes algériens. Ce sont, par exemple : *Sidi-Kamber* (34 kil. S.-10° E. de Collo), concession exploitée jusqu'en 1899; *Chabet-Terrissen* (26 kil. S.-8° O. de Collo); *Ouled-El-Hadj* (35 kil. S. de Collo); *Oued-Bibi* (17 kil. O.-N. O. de Philippeville); *Oued-Oudina* (16 kil. O. de Philippeville). A *Achaïchs* (10 kil. E.-30° S. d'El-Milia), un filon de cuivre pyriteux, incomplètement exploré, paraît présenter quelque intérêt.

A 8 kil. N.-O. de Bône, il existe également, dans les micaschistes, à *Oued-Begra*, un filon d'antimoine, qui a été exploré sans succès en 1894.

3° Chaine crétacée et tertiaire au nord de la première ligne de Chotts entre Beni-Mannsour, Constantine et Souk-Arrhas (O. Zitouna, Kef-Semmah, Anini, régions de Milah, Guelma et Souk-Arrhas). — La région considérée comprend les chaînes des Biban et des Babor, les monts des Ouled-bou-Kebbab et ceux de la Medjerda, que prolonge, en Tunisie, le pays des Kroumirs, ou encore, suivant la dénomination de certaines cartes, la chaîne de Sétif, la chaîne numidique et la chaîne africaine (fig. 69).

[1] Pages 182 à 187.

Là, quoique l'origine profonde des gisements exploités à la superficie soit très probablement encore des filons sulfurés complexes, ce que l'on observe, ce sont des amas calaminaires, avec peu ou point de galène. Le cuivre n'apparaît plus, comme dans la chaîne cotière, (plus voisine des centres d'émanation éruptifs), ou ne joue qu'un rôle insignifiant; le zinc, au contraire, domine. Et ces gisements de zinc, transformés par réactions météoriques, affectent la forme d'amas calaminaires, développés dans les fractures de calcaires massifs (généralement cénomaniens, plus rarement liasiques), sur leur contact, ou au voisinage de leur contact avec des terrains imperméables schisteux ou marneux, généralement sénoniens, parfois aussi néocomiens. On saisit là sur le vif l'influence, si souvent observée dans d'autres pays (Laurium, Sardaigne, etc.), pour les calamines, du contact entre un calcaire perméable par ses fissures et attaquable à l'acide carbonique avec une masse schisteuse, qui s'oppose à la circulation des eaux. La présence des calcaires massifs cénomaniens, dans cette zone, comme dans celle étudiée plus loin vers le Sud, a permis la constitution de quelques gîtes zincifères d'une certaine importance, dont nous retrouverons surtout de beaux types, en Tunisie, tandis que les terrains marneux ou grèseux du crétacé ou du tertiaire. si abondamment représentés dans les chaînes algériennes, se sont ailleurs peu prêtés à la métallisation. Ce rôle physique des calcaires, qui semble, dans les pays à minerais de zinc, constituer des sortes de niveaux métallifères, à apparence presque sédimentaire, suivant certains étages propres à la concentration des minerais, n'a, d'ailleurs, aucun rapport avec leur âge, ainsi qu'on serait tenté de le croire au premier abord et se reproduit, dans la même région, pour des calcaires d'âge très différent, à la condition que leurs caractères physiques soient analogues. C'est ainsi que, dans les chaînes plus septentrionales, nous avons trouvé beaucoup d'amas d'hématite développés par substitution dans le lias, comme ici dans le cénomanien.

Une zone de minerais de zinc assez intéressante commence à 40 kil. O.-23° N. de Sétif, par l'*Ouled-Zitouna*, se continue par *Kef-Semmah*, dont le gisement, concédé en 1899, est important, par le *Djebel Anini* (20 kil. S.-O de Sétif) et par quelques médiocres indices de plomb dans le suessonien à 10 kil. N.-O de Sétif. Nous la verrons tout à l'heure, après une interruption, se poursuivre dans les environs de *Milah*, au N.-O de Constantine.

Cette zone minéralisée de *Kef-Semmah* (32 kil. O.-23° N. de Sétif) présente quelques caractères généraux intéressants à signaler.

Il paraît y avoir là, outre les plissements généraux de direction moyenne E.-O., qu'on retrouve dans toute l'Algérie, une série d'accidents transversaux, qui viennent recouper les dômes et les isoler en un certain nombre de tronçons.

C'est ainsi que, de l'Ouest à l'Est, le Djebel Guergour, le Djebel Tafat et le Djebel Anini forment trois dômes de calcaires cénomaniens ou crétacés inférieurs, séparés par des zones effondrées remplies de marnes sénoniennes. Il en résulte, le long des contacts des calcaires et des marnes sénoniennes, un premier système de gisements métallifères de contact, amas calaminaires accompagnés de masses ferrugineuses (suivant le type de séparation du fer et du zinc, fréquent dans les gîtes calaminaires, Silésie etc.). Le *Kef-Semmah* proprement dit appartient à ce type.

On a évalué son cube à environ 100.000 tonnes; le concessionnaire, auquel appartiennent également diverses mines en Tunisie, l'exploite peu activement.

Le *Djebel Anini*, où l'on a autrefois signalé surtout des diaclases ferrugineuses allant jusqu'à 10 mètres d'épaisseur, avec croûtes d'épanchement latéral, va probablement aussi être concédé pour zinc.

Mais, en outre, les zones générales anticlinales Est-Ouest, dont le plongement vers le Sud est assez doux, ont, au contraire, souvent, un plongement brusque vers le Nord, avec une fracture de ce côté, sur laquelle se trouvent un certain nombre de gîtes. C'est dans ces conditions que nous trouverons bientôt les concessions récentes de *Rouached* (près Milah) et d'*Alfoural* (entre le Bou-Thaleb et Batna).

A l'*Ouled Zitouna*, les calamines remplissent des fractures, soit dans les calcaires cénomaniens, soit à leur contact avec des schistes sénoniens. Les conditions sont à peu près les mêmes dans les gîtes suivants de Kef-Semmah et Djebel Anini, où les principaux amas se trouvent suivant le contact par faille des calcaires cénomaniens, ou aptiens, avec les schistes sénoniens ; d'autres sont au contact du même terrain avec des marnes calcaires ou des grès du néocomien; d'autres enfin se sont développés au voisinage, dans les fissures mêmes du calcaire.

Entre Sétif et Constantine, des gisements de zinc se rencontrent dans des conditions analogues, soit dans le Ferdjoua, soit dans l'Ouled-bou-Kebbad.

A *Bou-Cherf* (27 kil. O. de Milah) et à *Rouached* (24 kil. O.-3° N. de Milah), on a exploré, en 1898 en 1899, des remplissages calaminaires au contact du calcaire cénomanien et des schistes sénoniens, avec interstratifications sur des contacts marneux et fractures calaminaires dans le calcaire lui-même. Le gîte de Rouached renferme, en outre, de la galène, de la blende et de l'oxyde de fer, prouvant l'existence d'un gîte complexe en profondeur. A *Msid-Aïcha* (30 kil. N. O. de Constantine), des explorations récentes ont porté sur des cassures calaminaires dans les calcaires du lias et du crétacé inférieur, près de leur contact avec les schistes ludiens (éocènes).

En passant à l'est de Constantine, on trouve, autour de Guelma, une

zone très métallisée. Ces gisements forment, avec ceux des environs de Jemmapes (Ras-el-Ma, etc.), au Nord-Ouest, ou de Djebel Hamimat au Sud, un ensemble assez particulier dans les formations algériennes ; car, c'est là que sont groupés la plupart des gisements d'antimoine et de mercure du pays.

Les stibines algériennes ou tunisiennes, de formation tertiaire, sont, contrairement à ce qu'on observe dans nos chaînes hercyniennes carbonifères de l'Europe centrale, assez fréquemment associées aux autres sulfures de plomb, zinc, etc., et, en même temps, on les trouve dans des filons proprement dits, toujours très éloignés des roches éruptives, tandis que, dans le Plateau central, où la stibine à gangue quartzeuse n'est guère accompagnée que de mispickel, sa relation avec certaines granulites ou microgranulites est très intime. Suivant la remarque faite déjà tant de fois, cela doit tenir au caractère plus superficiel des gîtes métallifères algériens, où l'on observe la partie supérieure des dépôts de l'antimoine, qui, en outre de son incrustation profonde (suivant le type du Plateau Central), aura continué à cristalliser, dans la zone haute des fractures, avec des métaux comme le plomb et le zinc, maintenus plus facilement en dissolution et, par suite, susceptibles de s'éloigner davantage des roches mères [1].

L'association stibine et cuivre gris (parfois avec cinabre), dont nous aurons quelques exemples à citer en Algérie, est, de même, une de celles qui caractérisent d'autres chaînes récentes et superficielles de la zone méditerranéenne, comme la chaîne illyrienne. Elle est surtout représentée en Algérie, sous une forme un peu différente, par des cuivres gris antimonieux, comme ceux de Tenès, Mouzaïa, Bougie, etc.

De même, le cinabre est associé avec cette stibine, ou avec de la galène, ainsi que cela a lieu dans le gîte de Littaï, en Carniole, comme cela se retrouve aussi, mais à l'état presque d'échantillons minéralogiques, dans certains filons des Alpes, tandis que le cinabre plus profond d'Almaden ou d'Idria n'a comme gangue que de la silice et rarement de la pyrite.

Quand le cinabre accompagne la stibine, il forme souvent une gaine autour des baguettes de ce minéral.

Ajoutons, d'ailleurs, que la stibine, par suite de son encaissement dans des terrains calcaires fissurés, accessibles à la circulation des eaux, très au-dessus du niveau hydrostatique, a subi, dans certains de ces gîtes algériens, des remises en mouvement, que nous étudierons plus tard à propos du Djebel Hamimat et qui ont eu pour résultat de constituer des dépôts secondaires d'antimoine oxydé, auxquels on a parfois attribué une origine sédimentaire primitive.

[1] Voir plus haut, page 154, le chapitre de l'antimoine.

Les environs de Jemmapes présentent deux gisements de mercure : *Ras-el-Ma* (10 kil. 5, O.), qui a été l'objet d'une concession un peu exploitée jusqu'en 1871 et *Oued-Noukhal* (12 kil. N.-N.-E. de Jemmapes). Dans tous deux, on retrouve la même association de cinabre et barytine. Les filons couches de Ras-el-Ma sont au contact de marnes et calcaires nummulitiques et fournissent un cinabre pulvérulent d'un beau rouge vermillon. A Oued-Noukhal, les veines pauvres traversent le calcaire de l'éocène inférieur (ludien)[1].

Plus au Sud, à *Djebel-Taya* (31 kil. O. de Guelma) près d'Hammam-Meskoutine et non loin des célèbres grottes du Taya, nous trouvons le plus beau gîte d'antimoine algérien et le seul en exploitation active. Ce gisement de stibine avec galène et cinabre accessoires, et épigénies d'antimoine oxydé, remplit des fissures minces verticales, ou des joints de stratification dans des calcaires, près de leur contact avec des marnes et, dans ce contact même, il existe des boules radiées de stibine. D'après un renseignement de M. Blayac reproduit par M. Lacroix, ces calcaires appartiendraient au niveau jurassique à Diceras. La notice du Service des Mines les rapporte au néocomien, les marnes étant crétacées. Au lieu d'avoir une gangue exclusivement quartzeuse comme les gîtes profonds du Plateau Central, cette stibine tertiaire est accompagnée, non seulement de quartz, mais aussi de calcite et de barytine : gangue que nous sommes habitués à voir souvent cesser quand on s'approfondit.

Le gisement inexploré de *Djebel-Bebar* (10 kil. N.-O. de Guelma) est également curieux par l'association de stibine, cinabre et calamine avec gangue de quartz et de barytine, dans des poches du calcaire néocomien. Il existe là des filons de phosphorite associés aux filons calaminaires, filons qui se sont peut-être formés par le remaniement des phosphates suessoniens sédimentaires, au moment de la remise en mouvement métamorphique, par laquelle la calamine a été substituée à la blende.

Un peu plus au N.-E., à *Oued-Ali*, près Enchir-Saïd, (16 kil. N.-N.-O. de Guelma), le calcaire sénonien à Inocéramus présente aussi des fissures incrustées de stibine (en partie oxydée), avec cinabre.

A *Bou-Zitoun* (6 kil. N. de Guelma), on a exploré, en 1899, des poches de calamine, avec stibine et barytine, dans les calcaires urgo-aptiens.

Puis, à l'est de Guelma et au sud de Duvivier, vient le curieux ensemble du Djebel Nador et de Hammam-N'Bails.

Cette concession de *Hammam-N'Bails*[2] (23 kil. E. — 40° S. de Guelma),

[1] Je rappelle, un peu plus au Nord, l'existence d'un filon de stibine dans les micaschistes à *Oued-Begra* près de Bône. De même, à *Bir-Beni-Salah* (17 kil. S. de Collo) des filons de cinabre et galène traversent les gneiss.

[2] 1851. Sénarmont. *Annales de physique et de chimie*, XXI, 504 et Dana (*American journal of science*, XII, 209). — 1852. Coquand. *Sur les mines d'antimoine oxydé des*

activement exploitée pour zinc, est surtout connue par les minéralogistes en raison de la présence d'une espèce minérale très rare, un chloro-antimoniate de plomb, dit nadorite, qui est là associé avec d'autres produits d'oxydation superficiels, tels que la calamine et la mimétèse. Le calamine pauvre, qui domine, s'y trouve en amas près de gypses triasiques, au voisinage immédiat de l'éocène inférieur, recouvert par un peu d'oligocène lacustre. On peut se demander si le gypse n'est pas, en partie, le produit de la double décomposition calaminaire. L'amas de calamine présente environ 20 mètres de puissance, 110 mètres de long et 50 mètres en inclinaison; on a estimé son cube à 300 000 tonnes.

Enfin, pour grouper ce qui est relatif à ces formations complexes où entre l'antimoine avec le mercure et du zinc ou du plomb, je décrirai de suite ici les gîtes de *Djebel-Hamimat* et *Sidi-Rgheiss* (60 kil. S. O. de Guelma, 23 kil. N.-30° O. d'Aïn Beida), dont la place géographique serait logiquement avec la chaîne suivante.

Ce gisement de Djebel Hamimat, remarquable par la prédominance de la sénarmontite, qui y a été découverte par Sénarmont et décrit autrefois par Coquand, se trouve dans des alternances de calcaires noirs et de marnes schisteuses, bitumineuses, appartenant au gault d'après M. Blayac. Il se compose d'une association d'antimoine oxydé (sénarmontite), avec un peu de stibine, de calamine et de cinabre, où Coquand avait voulu voir un dépôt sédimentaire d'antimoine oxydé, mais dont le caractère remanié est prouvé, tant par la présence d'un résidu de stibine avec commencement d'oxydation que par l'existence connexe de la calamine.

Le minerai forme des amas irréguliers, bien parallèles aux couches, dans les terrains, en ce point-là verticaux et de direction 150°, surtout au contact des calcaires et des marnes. Fréquemment, du calcaire est empâté dans le minerai : ce que M. Coquand attribuait à une précipitation simultanée, analogue à celle des minerais de fer jurassiques, et ce qui paraît beaucoup plus explicable par le remaniement et les substitutions.

Coquand considérait également comme difficilement explicable la formation ultérieure de cristaux octaédriques de sénarmontite, au centre de calcaires compacts; mais, quelles que puissent être les difficultés d'interprétation dans le détail, il faut remarquer combien ces calcaires verticaux, dans lesquels s'est incrusté d'abord le mélange complexe de sulfure d'antimoine, mercure et zinc, ont dû favoriser les actions métamorphisantes.

environs de Sidi-Rgheiss, au sud-est de Constantine (B. S. G. F., 2e, t. IX, p. 342. — 1855. FOURNET. *Sur les gîtes d'oxyde d'antimoine du pays des Haractas en Algérie* (B. S. G. F., 2e, t. XII, p. 1039). — 1901. LACROIX. *Minéralogie de la France* (t. III, p. 16).

Industriellement, ce gîte, repris et abandonné à diverses reprises jusqu'à un dernier arrêt en 1897, fournissait au commerce, en 1852, quatre variétés de minerai d'antimoine oxydé : 1° compact; 2° grenu; 3° cristallisé; 4° disséminé. Le minerai compact, d'un blanc laiteux et d'aspect pierreux, ressemble à la céruse du commerce. Le minerai grenu contient des géodes de cristaux octaédriques, ayant parfois plus de 3 centimètres de diamètre. Le minerai disséminé forme des cristaux libres au milieu des argiles.

En dehors de l'oxyde, il existe du sulfure d'antimoine, peu répandu en petites houppes soyeuses, parfois converties partiellement en oxyde sulfureux, et alors d'un brun rouge. Dans certains échantillons décrits par M. Lacroix, de gros octaèdres de sénarmontite, pouvant être agglomérés en blocs de plusieurs kilos, sont colorés en noir par de très fines aiguilles capillaires de stibine. Ailleurs, la sénarmontite, en octaèdres transparents, tapisse les cavités de masses de stibine cotonneuse et est accompagnée d'aiguilles de Kermès (oxy-sulfure), qui la colore parfois en rouge.

A 4 kil. O. d'Hamimat, près d'*Aïn-Bebbouch* et sur le versant Ouest de la même montagne, à *Sensa* ou Sanza, un autre gîte d'antimoine oxydé est formé, presque exclusivement, non plus de sénarmontite, mais d'un autre oxyde d'antimoine plus rare, la valentinite. Cette valentinite s'est développée dans des conditions analogues, par épigénie de stibine. Parfois l'extrémité des fibres de valentinite est d'un beau jaune vif, s'étant elle-même transformée en cumengite (hydrate d'oxyde d'antimoine). Le Muséum possède également, de Sensa, de grandes baguettes d'oxyde hydraté, provenant de la transformation de cristaux cannelés de stibine, eux-mêmes entourés par une gaine de cinabre[1].

Enfin, si nous remontons au Nord pour terminer ce qui est relatif à notre zone métallifère, la région de *Souk-Arrhas* est assez riche en gisements complexes de plomb ou de zinc.

Entre 14 et 20 kil. à l'Ouest de cette ville, on a exploré, sans succès, divers veinules de galène dans les calcaires sénoniens, ou, rarement, dans le pliocène, à *Maden-el-Hamra*, où se trouve en même temps, un peu de cuivre, à *Kel-el-Eud, Kef-Kaïmen, Ras-el-Arous, Chabet-el-Frah, El-Guellala*.

Vers l'Est, on retrouve des veinules analogues à *Medjerda* (11 kil. E.N.-E.), *Djebel Sidi-Nasser* (15 kil. E.—10° S.), toujours dans le sénonien.

On a signalé, près de la frontière tunisienne, au sud de la Medjerda, divers gisements, encore non explorés, qui doivent, en profondeur, se composer de chalcopyrite et pyrite de fer, parfois avec galène accessoire et se signalent souvent à la surface par des amas d'hématite,

[1] Lacroix. *Minéralogie de la France*, t. II, p. 457, t. III, p. 22.

dont nous trouverons un remarquable exemple plus au Sud, au Djebel Ouenza.

C'est, par exemple : *Chabet-Baloute* (34 kil. E. 29° N. de Souk-Arrhas), où de puissants amas d'hématite cuivreuse s'intercalent dans les calcaires du crétacé inférieur ; *Sidi-el-Amici* (36 kil. E. 28° N. de Souk-Arrhas), où des filets de chalcopyrite recoupent des grès quartziteux et calcaires ; *Oued-Ghoult* (40 kil. E. 20° N. de Souk-Arrhas), avec des affleurements de chalcopyrite et galène au contact des marnes et calcaires cénomaniens; *Djebel-Frina* (38 kil. E. 20° N. de Souk-Arrhas), avec des filons de galène et chalcopyrite dans les calcaires suessoniens ; *Oufed-Dhia* (28 kil. E. N.-E. de Souk-Arrhas), avec chalcopyrite et barytine ferrugineuse dans les marnes ludiennes ; *Oued-Darrou* (29 kil. E. 22° S. de Souk-Arrhas), avec chalcopyrite et galène au contact des marnes et calcaires cénomaniens.

Dans la même région, se trouvent des gisements, plutôt zincifères, mais contenant parfois, avec la calamine, de la galène, plus rarement du cuivre (*Oued-Souf, Chabet-Drida*) ; en un seul point, à Oued-Souf, on y observe du cinabre, avec le cuivre, la blende et la galène. Aucun de ces gisements n'ayant donné de résultats importants, je me contente de les énumérer. Ce sont : au N.-E. de Souk-Arrhas, *Fedj-El-Kebèche, Chabet-Debah, Oued-Souf, Chabet-Drida, Oued-Mougras, Oued-Ghanem et Khanga ;* au S.-E., à 28 kil. de Souk-Arrhas, *Djebel-Ouasta.* Au delà de la frontière tunisienne, cette zone se poursuit à *Fedj Assène, Sidi-Youssef, El-Akhouat, Fedj-el-Adoum, Djebba*, etc. : gisements, qui seront étudiés plus loin. Il y a, d'autre part, continuité entre elle et celle qui sera bientôt décrite à l'est d'Aïn-Beida, vers le Kef, où se trouve le gisement important du Djebel-Ouenza.

4° Zone de Bordj-Bou-Arréridj, Batna et Tebessa (Gisements d'Oued-Soubella, Bou-Thaleb, El-Mahder, Tarerbit, Djebel-Ouenza, Djebel-bou-Jaber, etc.). — Les gisements de cette zone sont tout à fait analogues à ceux de la précédente, avec laquelle ils vont se confondre dans l'Est. On trouve, il est vrai, moins caractérisée, l'association de l'antimoine, du mercure, et du cuivre avec le plomb et le zinc, si fréquente autour de Guelma ; mais cette association même existe au Bou-Thaleb, ainsi que dans quelques gisements sans valeur au N.-E. de Batna, et, d'autre part, c'est bien toujours le même système de filons sulfurés, comprenant galène, blende, et, accessoirement, pyrites de fer et de cuivre : filons plus ou moins bien caractérisés suivant la nature physique, calcaire, marneuse ou schisteuse, du terrain qui les encaisse et donnant, à la surface, surtout dans les calcaires, des calamines, sidéroses et hématites, carbonates et oxydes de cuivre.

La chaîne N.E.-S.O. du *Bou Thaleb* (55 kil. S., 26° O. de Sétif) com-

prend, du Sud au Nord, les trois massifs du Djebel-Soubella, du Bou-Thaleb et de Sidi-Afgham. Cette région, qui a été étudiée par M. Ficheur[1], présente un dôme liasique au milieu de terrains tordus et fracturés par cette torsion : d'où un système de filons, qui, dans la partie Sud, la seule bien explorée jusqu'ici, sont d'abord N.-E au sud du massif, puis presque N.-S à l'est. On a récemment institué une concession au *Djebel-Soubella*, où l'on a exploré, sur 4 à 500 mètres de long, trois filons, avec des élargissements calaminaires pouvant renfermer environ 50 à 60000 tonnes reconnues de calamine. Dans la partie non concédée, on paraît avoir surtout des gîtes de contact entre le calcaire liasique et les schistes crétacés refoulés sur le lias. Il y a là des affleurements de filons complexes, dans lesquels reparaissent, avec la galène et la blende, le cuivre gris et le cinabre, que nous avons été habitués à rencontrer ensemble autour de Guelma. Les calcaires encaissants, considérés comme bathoniens, alternent avec des niveaux marneux et le contact de ces deux terrains différents a, comme toujours, donné naissance à des niveaux métallifères, en quelque sorte interstratifiés.

Les environs de *Batna*, au nord de cette ville, sont riches en affleurements du même genre, de plomb, zinc, cuivre et, accessoirement, mercure, au milieu des calcaires urgo-aptiens très fissurés, ou, parfois, du jurassique. Tantôt le cuivre gris domine, c'est-à-dire que nous retrouvons, à une grande distance de la côte, une zone cuprifère différente de celles qui ont été étudiées précédemment ; tantôt, c'est la calamine, plus ou moins plombeuse. Citons seulement : de la galène antimonieuse dans les cassures du jurassique au *Djebel-Kerasia* (6 kil. N., 3° O. de Batna); de la galène zincifère à *Oued-Bouilef* (5 kil. N., 5° E. de Batna); des imprégnations de cuivre gris dans les calcaires jurassiques à *Djebel-Tougourt* (13 kil. O.-3° S. de Batna) ; des calamines blendeuses à *Aïn-Negouch* (16 kil. N.-30° E. de Batna) ; des imprégnations de galène, blende et cuivre carbonaté dans des marnes noires à *Kef-Kebir* (Bou-Arif) (13 kil. N.-60° E. de Batna) ; des calamines, avec traces de plomb et de cuivre, dans le jurassique à *Tarerbit* (8 kil. N.-29° E. de Batna) ; des amas plus importants de calamine dans l'aptien, à la concession abandonnée de *Djendeli* (32 kil. E.-N.-E de Batna); des calamines, avec galène et carbonate de cuivre, dans les cassures d'un calcaire urgo-aptien à *Forer* (20 kil. E.-19° N. de Batna), etc.

Cette zone se continue, au Nord-Est, par *Ank-el-Djemel* (50 kil. O. d'Aïn-Beida), où des cassures de l'urgo-aptien renferment le même mélange de calamine plombifère et chalcopyrite; *Aïn-Arko* (45 kil. N.-35° O. d'Aïn Beida), où une concession, abandonnée depuis 1877, a été instituée

[1] Ficheur. *Sur les terrains crétacés du massif de Bou-Thaleb* (B. S. G. F., 3e, t. XX, p. 393, 1892 et pl. XII au $\frac{1}{200.000}$.

sur des amas de calamine dans le jurassique; *Djebel-Guelif* (35 kil. O.-8° N. d'Aïn-Beida), avec affleurements de cuivre gris au contact du cénomanien et du crétacé inférieur; *Sidi-Rgheïss* (23 kil. O.-N.-O. d'Aïn-Beida), gisement filonien de cuivre gris dans l'aptien, dont la spéculation recommence à s'occuper et, en continuant dans le même sens, on arrive aux gisements antimonieux de Djebel-Hamimat et Sensa, qui ont été décrits précédemment[1].

Enfin, toute la région voisine de la frontière tunisienne, entre Tebessa, Aïn-Beida, et El-Kef, est très riche en gisements complexes du même genre, sur lesquels on a fait récemment beaucoup d'explorations et dont quelques-uns, comme le Djebel Ouenza, le Djebel Bou-Kadra et le Djebel bou-Jaber, sont peut-être appelés à fournir les éléments d'une industrie importante.

Ce gisement du *Djebel-Ouenza* (65 kil. N. de Tebessa), qui a été récemment concédé pour cuivre, comprend, en effet, des veines de barytine et cuivre gris dans l'urgo-aptien; mais il est surtout caractérisé à la surface, comme nous l'avons vu au chapitre du fer[2], par d'énormes amas d'hématite, constituant un chapeau de fer, dont on n'a pas évalué le cube à moins de cent millions de tonnes. De grands travaux romains ont porté jadis sur ce gîte, dont la mise en exploitation est à l'étude. Il existe, en outre, des fractures avec remplissage calaminaire.

Le gisement de *Bou-Jaber* (40 kil. N.-17° E. de Tebessa) porte sur un dôme de calcaire urgo-aptien, où se trouvent de nombreux indices plombeux, calaminaires et cuivreux, avec association de quartz et barytine, qui ont donné lieu à des exploitations romaines; quelques placages de calamine se trouvent, par un phénomène fréquent en Tunisie, au contact des calcaires et de marnes liasiques; une concession, dont je dirai bientôt quelques mots, a été instituée sur le prolongement de ce gîte en Tunisie; mais on a dû arrêter bientôt les travaux après avoir épuisé les calamines reconnues. De ce côté tunisien, nous trouverons aussi, sur la même zone, un peu plus à l'Est, le gîte de *Djebel-Zrissa*, où se présente un important amas d'hématite manganésifère.

Je citerai seulement, à côté de ces gisements principaux, quelques autres de la même région, appartenant toujours au même type métallifère : c'est le *Chabet-el-Melah* (60 kil. N.-18° O. de Tébessa), avec veines de galène, calamine et cuivre gris dans le trias et le cénomanien; *Djebel-Mkériga* (38 kil. S. de Souk-Arrhas), avec calamine et fer spathique dans l'urgo-aptien; *Mesloula* (48 kil. S.-10° O. de Souk-Arrhas), gisement plus important, concédé en 1891, où des amas calaminaires sont associés à des veines de plomb et cuivre; *Aïn-Tolba* (45 kil.

[1] Pages 335 et 336.
[2] Page 187.

N.-12° O. de Tébessa), avec filons-couches de galène, barytine et calcite dans l'aptien; *Djebel bou-Kadra* (44 kil. N. de Tébessa), avec un important chapeau de fer cuivreux, décrit plus haut au chapitre du fer, associé à de la barytine et un peu de calamine; *El-Meridj* (43 kil. N.-12° E. de Tébessa), avec veines calaminaires dans le cénomanien; puis, en se rapprochant de Tébessa, à l'ouest du plateau du Dyr, fameux pour ses phosphates, *Mezouzia* (cuivre carbonaté antimonieux et zincifère), *Djebel-Belkfif* (calamine et galène), et, enfin, au S. E. de Tébessa : la petite concession de *Bekkaria*, qui, après avoir donné de beaux bénéfices pendant quelques années, est aujourd'hui épuisée; les explorations de *Djebel-Bou-Rouman* et de *Khanguet-Tenoukla*, où l'on retrouve encore des amas de calamine associés avec de la galène, de la barytine, parfois du cuivre.

5° Région de Biskra à Khenchela. — Au sud de la ligne Batna-Tebessa, les affleurements métallifères reconnus sont rares. Il faut seulement citer la concession de mercure inexploitée de *Taghit* (42 kil. S.-8° O. de Batna), où l'on retrouve le cinabre, comme dans la majorité de ces gisements algériens, associé à des sulfures complexes, (ici de la galène et de la blende), dans le néocomien; puis, autour de *Khenchela,* divers gîtes, surtout caractérisés par le cuivre gris, mais avec l'association ordinaire en Algérie, de galène, blende, calamine, pyrite, barytine et même parfois cinabre (à *Aïn-Tagga*). La zone la plus développée est celle de *Djebel-Pharaoun,* entre Khenchela et Tamza, où, sur 20 kil. de long, on trouve, dans les calcaires à orbitolites aptiens, de nombreux indices de cuivre gris, cuivre pyriteux, galène, calamine, avec gangues de barytine et calcite. La présence du cuivre est intéressante à noter; mais, pratiquement, ces gîtes ne paraissent pas avoir de valeur.

C. — GITES MÉTALLIFÈRES DE TUNISIE[1]

Les gisements de Tunisie (fig. 70) forment la suite toute naturelle des gîtes algériens et me paraissent présenter des caractères tout à fait analogues, c'est-à-dire correspondre à des affleurements, plus ou

[1] Cette description des gîtes tunisiens a été faite surtout d'après les nombreux et précieux rapports inédits de M. Jordan, Ingénieur au Corps des Mines à Tunis, et d'après la notice sur le Service des Mines, écrite par le même ingénieur pour l'ouvrage : *Les Travaux publics du protectorat français en Tunisie*, publié par la direction des travaux publics à l'occasion de l'Exposition de 1900. Je suis heureux de pouvoir lui en exprimer ici tous mes remerciements. — Voir, en outre : — 1892. Aubert. *Carte géologique au 1 : 800.000 de la Tunisie* et notice annexe : — 1894. D. Levat. *Gisements de phosphate de chaux, et gisements de calamine en Tunisie* (Ass. fr. Avanc. Sciences. Congrès de Caen, 12 p. et 1 pl.). — 1895. P. Termier. *Rapport inédit sur le gisement de calamine du Djebel-el-Akhouat.* — R. Cagnat. *Les mines et les car-*

moins remaniés et métamorphisés, de filons complexes, dans lesquels le zinc et le plomb dominent, mais où l'on trouve également un peu de cuivre, et, en certains points, du fer. Néanmoins, l'attention des exploitants et des géologues, qui ont étudié ces gisements, paraît avoir été spécialement frappée par quelques coïncidences intéressantes, auxquelles on a attaché une importance particulière pour la genèse des gîtes et dont il importe, par suite, de dire un mot en commençant.

La principale de ces coïncidences est celle qui met en contact un certain nombre d'amas calaminaires avec ces pointements gypseux, que l'on a considérés comme éruptifs dans toute l'Algérie jusqu'à ce que, dans ces dernières années, leur caractère triasique ait été nettement reconnu en plusieurs points et admis, par extension, pour tous les autres. M. Levat a fait remarquer autrefois ce rapprochement pour les deux gisements de Fedj-el-Adoub et El-Akhouat, qui seront décrits plus loin, et l'a étendu, sans raisons suffisantes, pour le Khanguet, l'Oued-Maden au N.-O. de Beja, Sidi-Ahmet, au S.-E. de Tabarka, le Djebel-Reças près de Tunis, le Zaghouan, etc. Il a, en même temps, noté, au Djebel-Dekma, sud de Souk-Arrhas, une association de calamine avec phosphorite concrétionnée, analogue à celle qui a été signalée plus haut dans la région d'Oran et sa conclusion était que gypse et calamine provenaient d'un même épanchement hydrothermal profond. M. Termier, frappé de la même association, a émis l'idée que les minerais de zinc tunisiens avaient pour origine première les terrains triasiques, qui auraient renfermé, à l'origine, une strate blendeuse sédimentaire. Ce trias, qu'il considère comme arrivé sous la forme d'une nappe de charriage, aurait été démantelé et remanié par les érosions à une époque récente et la blende aurait été alors redissoute, puis reprécipitée à l'état de calamine, au contact des calcaires dans des terrains de tous les âges.

Cette hypothèse, ainsi que je l'ai indiqué plus haut, me semble bien inutilement compliquée et peu d'accord avec le fait que les gisements calaminaires sont presque toujours riches en galène, à laquelle ne peut guère s'appliquer l'hypothèse de la redissolution et dont la proportion semble même souvent augmenter en profondeur par la disparition de cette forme minérale, toujours superficielle, que constitue la

rières de la Tunisie dans l'antiquité (Rev. gén. Sc. 7e an., p. 1054-1056). — E. de Fages. *Etat actuel de l'exploitation des mines, et des carrières en Tunisie* (Rev. Gén. Sc., 7e année, p. 1056-1063). — Les gîtes suivants sont représentés dans la collection de géologie appliquée de l'École des mines : Zinc et Plomb. *Kanguet-el-Toul* (Beja), (1061 et 1966) ; *Bou-Gournein* (1064 et 1965) ; *Djebel-Reças* (1591 et 1964) ; *Djebba* (1065) ; *Djebilet-el-Kohol* (1063) ; *Djebel-Trozza* (Kairouan) (1062). — Cuivre : *Djebel-Herruch* (Souk-el-Arba) (1114) ; *Cheida* (1955). — Fer : *Djebel-Hamrya* (1157) ; *Kef-Debba* (1158).

calamine[1]. Elle suppose, en outre, gratuitement une formation métallifère sédimentaire, dont il n'existe pas trace, à ma connaissance. La dispersion des gîtes, qui a motivé en partie la théorie de M. Termier, a été expliquée, précédemment, par le caractère superficiel de cette venue filonienne, qui a affecté des terrains disloqués et émiettés dans tout le nord-ouest de l'Afrique, après l'éocène. Quant au rapprochement avec le trias, il me paraît du même ordre que celui qui existe fréquemment en Algérie entre les filons métallifères, ou même les roches éruptives tertiaires, et les zones de terrain primaire. Le trias, comme les schistes primaires, apparaît par pointements anticlinaux suivant des lignes de fracture qui se sont trouvées tout naturellement préparées pour les circulations hydrothermales et l'on sait combien les contacts de terrains, inégalement propices à la pénétration des eaux, tels que les calcaires d'une part et, de l'autre, les argiles, marnes, schistes, quartzites, roches éruptives, etc., sont, partout et toujours, favorables aux incrustations métallifères ; nous avons là, je crois, un simple cas de gisements de contact, auquel la nature argileuse habituelle des terrains gypseux triasiques n'a pas été étrangère. C'est, d'ailleurs, ce que nous verrons de plus près en étudiant les principaux de ces gisements. Ceux-ci peuvent se répartir, suivant les divers plissements N.-E.-S.-O., qui marquent le relief de la Tunisie, en quatre groupes principaux :

1° Au nord de Béjà : Dj.-ben-Amar, Aïn-Roumi, Kanguet-Kef-Tout[2], Sidi-Ahmed, Djebel-Gheriffa, El-Grefa, Béchateur, faisant suite au gîte de cuivre du Dj.-Choulchio ;

2° Au sud de la ligne Constantine-Tunis, du Kef à Teboursouk : Sidi-Youssef, Fedjassin, Touireuf, El-Akhouat, Fedj-el-Adoum, Djebba ;

3° A l'est de Tébessa : Bou-Jaber, Dj.-Zrissa (Dj.-Azered) et Dj.-Hamera ;

4° Au sud de Tunis : Zaghouan, Dj.-Reças et Dj.-Kohol.

1° Gisements au nord de Béja, : Dj.-ben-Amar, Aïn-Roumi, Kanguet-Kef-Tout, Sidi-Ahmed, etc. — Au nord de Béja, une ride topographique, intéressante, constituée par un anticlinal de crétacé supérieur, comprend les concessions de Djebel-ben-Amar, Aïn-Roumi, Kanguet-Kef-Tout et Sidi-Ahmed, les gisements de Gheriffa, El-Grefa et Béchateur.

A Djebel-ben-Amar (25 kil. N.-O. de Béja), le gisement, concédé le 27 janvier 1900, se présente au milieu des calcaires sénoniens sous la forme d'un amas calaminaire, dirigé N.-70° E et plongeant au S.-E en faisant, avec la verticale, un angle d'environ 20°. Cet amas se bifurque en deux à une extrémité et est accompagné de deux petits amas

[1] Le Djebel-Reças est actuellement redevenu une mine de plomb, comme il l'avait été dans l'antiquité. La plupart des exploitations un peu anciennes accusent de même une diminution de la calamine par rapport à la galène.

[2] On écrit Kanguet ou Khanguet. J'adopte ici l'orthographe de la notice officielle.

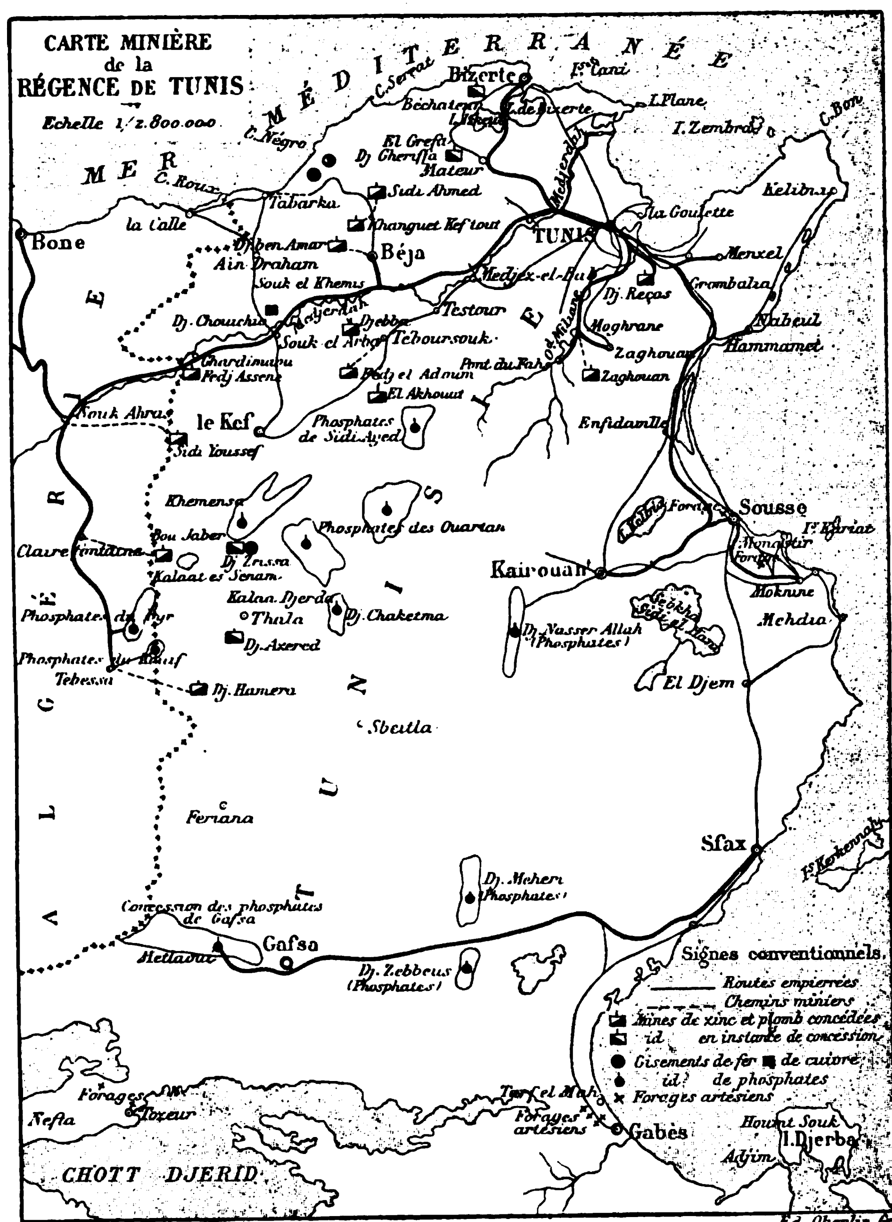


Fig. 70. — Carte minière de la Régence de Tunis.

secondaires sur son flanc N.-O. Il existe, au voisinage, une veine pyri-

teuse. La production a été, en 1901, de 2600 tonnes de calamine calcinée à 53 francs et 650 tonnes de calamine crue, le tout déclaré pour une valeur de 270 000 francs.

Aïn-Roumi (à 6 kil. du Kanguet) a été seulement attaqué en 1897.

Le gîte de *Kanguet-Kef-Tout*, beaucoup plus important que le précédent, doit son nom au Kanguet, ou défilé, qui sépare le Djebel-Damous du Djebel-Sidi-Ahmed et par où passe la route de Béjà à Tabarka. Concédé, le 22 décembre 1888, à M. J. Faure, qui l'a recédé, en 1899, à la Société du Kanguet, il a produit, depuis l'origine jusqu'en 1902, 37 000 tonnes de calamine roche calcinée à 46 p. 100, 17 000 de terres calaminaires et un millier de tonnes de galène. Une laverie, récemment installée, doit permettre de tirer parti des terres calaminaires et des mixtes plombeux. La production des dernières années a été :

	1899	1900	1901
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Calamine calcinée	6 000	7 800	5 000
Galène	600	350	150

La valeur déclarée en 1901 a été, non compris les mixtes de laverie et les terres (sur le carreau de la mine) de 333 500 francs.

Il existe, au Kanguet, dans les calcaires sénoniens, un amas filonien principal N.-40° E., coincé en profondeur, que l'on exploite actuellement et diverses poches irrégulières, que l'on a vidées jusqu'en 1898. Les Romains ont enlevé, sur le filon, des amas de galène.

Plus au N.-E., *Sidi-Ahmed*, concédé le 27 août 1892 à la Compagnie Asturienne, a produit :

	Avant 1900	1900	1901
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Calamine calcinée	13 700	2 000	1 700
Galène	1 800	900	1 000
Mixtes riches	500	1 000	1 500
Terres plombeuses et calaminaires	4 100	950	2 600
Valeur déclarée sur le carreau de la mine		265 800 fr.	195 500 fr.

Ce gisement présente, d'après M. Jordan, une particularité tectonique intéressante. On a là un anticlinal de calcaire sénonien, N.-30° E, qui, perpendiculairement à son axe de plissement, offre une série de petits froncements secondaires. Les marnes noires sénoniennes, qui surmontent le calcaire et ont été plissées avec lui, ayant offert une élasticité différente, il s'est produit, suivant ces froncements, des bâillements, au contact des marnes et calcaires et c'est dans ces bâille-

ments, constituant, par suite, des vides d'une nature très spéciale, que les eaux métallisantes ont déposé la galène et la calamine.

Puis viennent le *Dj.-Gheriffa* et le *Dj.-Ogref* (ou *El-Grefa*), à 10 ou 12 kil. ouest de Mateur. Le gîte du Gheriffa remplit une série de cassures N.-35° O. dans les calcaires sénoniens; les veines, de faible importance, exclusivement calaminaires à la surface, se chargent de carbonate de plomb et galène en profondeur. Sur le Dj.-Ogref, les travaux, plus développés, ont fait reconnaître : 1° un amas de carbonate de plomb et galène (Aïn-Sassaf), au milieu d'argiles et de calcaires métamorphiques ; 2° une zone minéralisée en plomb, d'environ 200 mètres de long et 40 mètres de large (Ben-Atrous), où le carbonate de plomb domine également. Des demandes en concession relatives à ces gîtes ont été instruites en août 1901.

Enfin, le petit gîte de *Béchateur* est à environ 12 kil. ouest de Bizerte. On a là un amas calaminaire d'aspect superficiel (Dj.-Gozleur), dans des calcaires probablement sénoniens, imprégnés de pyrite au voisinage ; d'autres cassures renferment du carbonate de plomb et de la galène avec filets calaminaires ; en outre, des boules de calamine se présentent dans des argiles rougeâtres au Dj.-Daouda.

C'est à peu près sur la même zone minéralisée, mais plus à l'Ouest, que l'on a fait récemment les seules recherches de cuivre présentant quelque intérêt en Tunisie, celles du *Dj.-Chouïchio*, à 13 kil. N. de Souk-el-Arba. Le minerai, presque exclusivement carbonaté aux affleurements (azurite et malachite), paraît se présenter sous la forme de boules ou d'imprégnations dans des marnes et calcaires altérés, à la périphérie d'un amas de minerai de fer, intercalé dans du calcaire sénonien. C'est, sans doute, un cas de plus de ces hématites à légère teneur cuivreuse localisée (Dj.-Ouenza, etc.), dont on trouve de beaux types dans toute cette région algérienne et que nous avons considérés comme un cas d'altération de filons sulfurés complexes, où dominait la pyrite de fer un peu cuivreuse. Le minerai du Dj.-Chouïchio n'est pas très riche dans l'ensemble (au maximum 5 à 6 p. 100 de cuivre), mais paraît constituer une masse assez importante, pour le traitement de laquelle on vient de construire un petit four de fusion.

2° Gisements au sud de la ligne Constantine-Tunis : Sidi-Youssef, Fedj-Assène, Touireuf, El-Akhouat, Fredj-el-Adoum, Djebba. — Au sud de la ligne Constantine-Tunis, diverses concessions pour zinc et plomb ont été instituées.

Sidi-Youssef (sur la frontière algérienne, entre le Kef et Souk-Arrhas) a été concédé le 27 novembre 1898. Le gîte se compose de deux filons parallèles de direction N.-S., ouverts dans les calcaires sénoniens

et marqués à la surface par des alignements de travaux romains. Au voisinage immédiat se trouve un mélange confus de terrains triasiques, marnes bariolées, gypses et cargneules, avec ophites et développement de quartz bipyramidé et d'oligiste. Conformément à la loi générale, qui a été tant de fois rappelée au cours de cet ouvrage, le gîte, après avoir renfermé aux affleurements de la calamine très plombeuse avec carbonate de plomb, a passé, en profondeur, de la forme oxydée à la forme sulfurée (galène et blende). La production déclarée en 1901 a été de : 1 800 tonnes calamine calcinée à 38 p. 100; 1 200 tonnes galène à 60 p. 100; 400 tonnes carbonate de plomb, 8 000 tonnes mixtes de laverie à 35 p. 100 de plomb; 38 000 tonnes terres calaminaires à 13 p. 100 de zinc. On a installé, récemment, une laverie pour le traitement de ces quantités considérables de mixtes et de terres calaminaires.

Fedj-Assène (11 kil. S.-O. de Ghardimaou, près du Djebel-Melah). Ce gisement, concédé le 25 juin 1809 et à peu près inexploité depuis, se compose, comme les précédents, de calamine plombeuse avec calcite en veines irrégulières ; la proportion de galène a été estimée à environ 1 p. 10 de celle de la calamine ; une de ces veines de calamine suivait une faille.

Touirevf (25 kil. N.-O. du Kef) comprend des cassures minéralisées en calamine et galène dans des calcaires sénoniens, plongeant de 50° vers le N.-O. et intercalés entre des marnes sénoniennes et des marnes nummulitiques. Ces veines ont été l'objet d'importants travaux romains.

Djebel-El-Akhouat (20 kil. S. de Teboursouk). Ce gisement, dont la concession a été instituée le 25 juin 1896 au profit de la Société la Vieille-Montagne, a été décrit, en 1894 et 1895, dans deux rapports inédits de M. Termier et de M. Gonthier.

Il en résulte que l'on a là, au milieu de gypses et calcaires marneux, un îlot assez bouleversé de calcaires blancs massifs (sénoniens ?) et de marnes grises. Dans les calcaires très redressés, se présentent des veines et des amas filoniens, à épontes nettes, de peu d'épaisseur et reconnus sur une faible longueur, qui renferment de la calamine avec de la galène et un peu de blende noire et blanche ; cette dernière a donné lieu à quelques travaux anciens. La calamine (carbonate dominant et hydrosilicate accessoire) est, comme dans tous ses gisements, mêlée de calcaire et présente souvent une teneur en fer de 5 à 7 p. 100, qui s'accroît au voisinage de la surface. Le filon principal des puits 3 et 6, dirigé N.-O, a en moyenne, 0,50, à 0,70 d'épaisseur et renferme un minerai brut, tenant, à l'état cru, 23 à 25 p. 100 de zinc, après élimination d'un tiers de tout-venant. Les rapports, faits, à l'occasion de la demande en concession, estimaient de 7 à 12 000 tonnes la quantité de minerai reconnu.

La production (estimée sur le carreau de la mine, en 1900 : 143 000 fr.; en 1901 : 80 000 fr.) se divise en :

		1900	1901
		tonnes.	tonnes.
Calamine calcinée à 52 p. 100 zinc		1 020	420
Galène		235	260
Blende	blanche à 55 p. 100	90	58
	noire à 47 p. 100	19	4

De l'institution de la concession à 1902, on a produit 4 220 tonnes de calamine calcinée et 562 tonnes de galène.

Fedj-el-Adoum (14 kil. S.-O. de Teboursouk) a été concédé le 14 mai 1894 à M. Faure. La crête du Djebel-Jouaouda est constituée par des calcaires blancs sénoniens, qui, d'un côté, surmontent, à la faveur d'un renversement, les grès de l'éocène supérieur et, de l'autre, viennent buter contre le trias gypseux. Au contact de ce trias et du crétacé, se trouve un premier amas calaminaire, exploité à ciel ouvert; un second, encore peu exploré, existe à quelques centaines de mètres plus au Nord. Cette mine a produit, de l'origine à 1902, environ 14 000 tonnes de calamine roche, 10 000 de terre calaminaire, 2 200 de galène et 800 de mixte. En 1900, la production, déclarée pour 145 000 francs, s'est composée de 1563 tonnes de calamine calcinée et 574 tonnes de galène.

Djebba (2 kil. S.-E. de Souk-el-Khemis, sur la ligne de Tunis à Alger), est une des plus anciennes, mais non des plus prospères, concessions de Tunisie (6 mai 1876); elle appartient à la Vieille Montagne. L'attention avait été d'abord appelée sur des filets de galène dans les calcaires sénoniens et l'on avait installé, pour les traiter, une laverie et une fonderie, aujourd'hui en ruines. La découverte de poches calaminaires dans le nummulitique à phosphates a amené, en 1892, puis en 1896, une reprise des travaux, qui a produit, au total, jusqu'en 1902, environ 6 000 tonnes de calamine. En 1901, on a extrait 1 500 tonnes de calamine calcinée, 340 tonnes de galène, 200 tonnes de carbonate de plomb, pour une valeur de 41 000 francs.

3° Gisements à l'Est de Tebessa : Bou-Jaber, Dj.-Zrissa, Dj.-Hamera et Dj.-el-Azered. — Un groupe, situé à l'est de *Tebessa,* comprend *Bou-Jaber, Dj.-Zrissa, Dj.-Hamera, Dj.-el-Azered.*

Djebel-bou-Jaber (sur la frontière algérienne, entre Tébessa et le Kef). Ce gisement, dont la concession a été instituée le 13 avril 1897, en faveur de M. Charpin et recédée à la Société du Bou-Jaber, a déjà été mentionné dans la description des gîtes algériens et fait partie d'une région très minéralisée en fer, zinc et plomb. Le massif du Bou-Jaber est formé de terrains urgo-aptiens redressés, comprenant des alternances de calcaires cristallins et de marnes. Des affleurements

ocreux et calaminaires, parallèles à la stratification, sont N.-S. ; d'autres, suivant des diaclases transversales, E.-O. La calamine est accompagnée de barytine ocreuse et, par endroits, de galène. D'après des travaux de recherche récents, les marnes irisées du trias existent sous le calcaire cristallin urgo-aptien, avec filet de calamine au contact. Cette mine, après avoir produit 4850 tonnes de calamine en roche, 3200 tonnes de terres calaminaires, 360 tonnes de galène et 650 tonnes de minerai mixte, a été arrêtée, la continuation espérée des amas calaminaires ayant fait défaut.

Le gisement du *Djebel-Zrissa* (50 kil. Sud du Kef), offre un intérêt tout particulier par le rapprochement des hématites manganésifères avec la calamine, la galène et un peu de cuivre, dans des conditions rappelant les gîtes algériens. La calamine ferrugineuse et la galène se présentent, il est vrai, en trop faibles quantités pour avoir été jugées exploitables et, de plus, les études faites sur place ont estimé qu'il n'y avait pas connexité entre le gîte de fer, considéré comme une lentille superficielle d'au moins 2 millions de tonnes et les autres métaux ; mais je croirais volontiers, au contraire, que l'hématite est là, comme au Djebel-Ouenza, le produit remanié, peut-être le chapeau oxydé et débordant d'un filon complexe, dans lequel l'association de traces de cuivre avec le fer correspond à un fait très habituel.

Le dôme du Djebel-Zrissa est formé de calcaire urgo-aptien, enveloppé en stratification concordante par les marnes noires schisteuses du gault et les marnes et calcaires du cénomanien, qui s'arrêtent au niveau de la plaine, dominée par le dôme calcaire. Une grande faille, sur la paroi Ouest, met le calcaire en contact avec les marnes noires du gault. L'amas de fer est sur la partie tout à fait supérieure de ce dôme, qui paraît lui devoir sa saillie ; sa longueur totale est de 600 mètres ; son épaisseur est de 15 mètres au centre et diminue vers les extrémités. Le minerai, composé d'hématite brune mélangée avec de l'hématite rouge manganésifère, est très pur en soufre et phosphore (0,05 de chacun) et renferme environ 1,5 p. 100 de manganèse : quantité insuffisante pour lui assurer une plus-value. La distance de 200 kil., qui sépare ce gisement de Tunis, en rend l'exploitation difficile ; mais cet inconvénient doit être réduit par la construction du chemin de fer de Pont du Fahs à Kalaat-es-Senan, qui ferait descendre les frais de transport à 7 fr. 50.

Au Sud de Thala, diverses recherches ont été faites, sans grand résultat, aux *Djebel-Chambi*, *Semmama, Azered,* etc.

Djebel-Hamera (30 kil. S.-O. de Thala et 30 kil. E. de Tebessa) a été concédé le 1er septembre 1898 à la Société la Nouvelle-Montagne, qui a essayé vainement de l'exploiter pour calamine ; les recherches sont actuellement faites pour plomb.

Le Dj.-Hamera est formé d'un dôme de calcaires urgo-aptiens à orbitolines, qui plongent, à leur périphérie, sous une ceinture de marnes noires albiennes, recouvertes à leur tour (sauf à l'Est) par des marnes jaunes cénomaniennes. On a trouvé, dans les fissures ou les joints de stratification des calcaires, de petits amas de calamine ferrugineuse, partiellement silicatée et mêlée de calcaire, avec mouches de galène et blende. Certaines de ces calamines (groupe du Kranguet Zitoun) ont l'aspect d'un calcaire gréseux rougeâtre.

Le *Dj.-Azered*, ou El-Ajered, (15 kil. S.-O. de Thala; 52 kil. E. de Tébessa) a été exploré en 1899 par la C[ie] Asturienne. Il y a là un dôme urgo-aptien, régulièrement surmonté par les marnes noires schisteuses du Gault et les marnes brunes du cénomanien. La calamine se trouve, en général, en filons-couches au contact des calcaires urgo-aptiens et d'un banc de quartzite, puissant de 1 m. à 1 m. 50, qui y est intercalé; il existe cependant aussi de la calamine en filets dans le calcaire. Les quartzites ont dû jouer là le rôle de bancs imperméables, qui appartient plus ordinairement aux schistes.

4° **Zaghouan, Djebel-Reças, Dj.-el-Kohol.** — Un dernier groupe comprend *Zaghouan* et *Djebel-Reças* au sud de Tunis; la première mine est actuellement arrêtée; l'autre, au contraire, très importante. Non loin de celles-ci, le *Dj.-el-Kohol* a été récemment concédé au sud du Zaghouan.

A Zaghouan (concession du 19 novembre 1894), on a exploité deux amas calaminaires : l'un, dans une faille, qui limite au S.-E. les calcaires jurassiques; l'autre, dans une cassure N.-O. On a produit, jusqu'en 1900: 16 000 tonnes de calamine roche; 28 000 tonnes de terre calaminaire; 1 400 tonnes de minerai mixte. D'après E. Fuchs, la galène et la cérusite y étaient accompagnées d'un peu de fluorine violette.

Le gîte de *Djebel-Reças*, beaucoup plus important, a été le premier concédé en Tunisie dès 1868. Après avoir été exploité par une Société italienne, il appartient aujourd'hui à la Société du Djebel-Reças. Les travaux, qui ont succédé à des travaux romains pour galène, ont porté, d'abord jusqu'en 1890, puis, après six ans d'interruption, de 1896 à 1900, sur des amas calaminaires; aujourd'hui, on exploite pour plomb à ciel ouvert[1].

Les minerais semblent remplir une série de cassures perpendiculaires à la grande faille de Zaghouan, qui coupe là, sur sa face Ouest, un dôme de calcaires jurassiques. On a surtout exploité un amas calaminaire, situé à l'intersection de ces cassures avec une cassure N.-S. Cet amas, très mélangé de calcaires stériles ayant échappé à l'imprégna-

[1] M. Stache (*Verhandl. kk. geol. Reichs.* Wien., 1876, 56) a signalé, au Djebel-Reças, les minéraux suivants : blende, galène, voltzite, smithsonite et calamine, willémite, kapnite, zincite, hydrozincite.

tion zincifère, a eu, à l'affleurement, près de 8 000 mètres carrés de superficie, puis 200 mètres carrés à 70 mètres de profondeur et 80 mètres carrés à 150 mètres.

Les travaux actuels à ciel ouvert, dont l'aspect est grandiose, produisent, presque exclusivement, du minerai de lavage. Dans l'ensemble des chantiers, 3/5 de la masse abattue constituent du stérile et sont immédiatement rejetés. Les 2/5 forment le tout-venant, envoyé à la préparation mécanique. Celle-ci présente une difficulté à cause du mélange de deux calamines : l'une, rouge, de densité supérieure à celle des calcaires ; l'autre, blanche, (hydrocarbonate) de densité inférieure. On a produit, finalement, en 1901 : 4 400 tonnes de galène à 55 p. 100 de plomb ; 1 500 tonnes de calamine calcinée, 2 200 tonnes de terres calaminaires, 430 tonnes de mixte : le tout, valant, sur le carreau de la mine, d'après la déclaration des exploitants, 418 000 francs.

Le *Djebilet-el-Kohol* (14 kil. S.-O. de Zaghouan) présente des minéralisations en rapport avec deux failles, qui limitent, à 400 m. de distance l'une de l'autre, un pointement de calcaires jurassiques. Un peu de trias apparaît au voisinage. Quelques poches calaminaires ont été bientôt vidées ; mais un peu de galène avec fluorine imprègne une zone du calcaire.

CHAPITRE XI

RICHESSES MINÉRALES DU SOUDAN, DE LA CÔTE D'OR, DU CONGO, DES PROTECTORATS ALLEMANDS, DE LA COLONIE DU CAP, DU TRANSVAAL, DE LA RHODÉSIA, DE MADAGASCAR, DE L'ABYSSINIE ET DE L'ÉGYPTE.

Dans ce chapitre, je décrirai spécialement les richesses minérales de quelques régions à gisements très divers et de faible importance, dont l'étude se serait trouvée trop disséminée si je l'avais divisée entre les divers chapitres concernant les métaux variés qu'on y rencontre : par exemple, l'Afrique orientale et occidentale allemande, le Transvaal (indépendamment de l'or), et Madagascar. Pour les autres régions, je me contenterai de rappeler, dans un court résumé, quelle en est la richesse minérale dominante et de mettre en évidence quelques faits d'ensemble, comportant une conclusion générale, en renvoyant, pour les détails, aux chapitres antérieurs où il en a été question.

1° SOUDAN, CÔTE D'IVOIRE ET CÔTE D'OR
(Or, sel, nitrates) [1]

Les gisements principaux, qui attirent beaucoup l'attention au Soudan, dans la Côte d'Ivoire et la Côte d'Or, sont les gisements d'or. Nous avons vu que des rivières aurifères descendent du *Fouta Djalon*, soit au Nord vers *Bambouk*, soit à l'Est vers *Bouri*, alimentant un certain nombre de petits placers, qui, pour la plupart, ont déjà été antérieurement vidés par les indigènes. L'origine première de l'or paraît être dans des filons-couches, des veines d'imprégnation disséminées au milieu de roches cristallophylliennes et de schistes amphiboliques [2]. Dans le pays de *Kong* et le bassin du *Comoé*, l'or alluvion-

[1] Voir pages 28 à 40 et 251.

[2] D'après une note inédite de M. Miltiades Armas, qui paraîtra prochainement aux *Annales des Mines*, la région aurifère d'*Aloso*, sur le *Comoé* (voir, plus haut, page 39), est formée de schistes métamorphiques traversés par des granites et par des granulites, qui tantôt s'infiltrent dans les schistes avec des types gneissiques, tantôt

naire assez abondant doit avoir une origine analogue. Enfin, dans le pays des Ashantis (*Coumassie*) et le district de *Takwa,* on commence à mettre en valeur des gisements, appartenant à deux types différents : 1° les filons-couches et veines d'imprégnation quartzeuse à Coumassie; 2° à Takwa, des conglomérats, probablement primaires et analogues à ceux du Witwatersrand. Ce dernier fait, très intéressant, prouve la grande extension, en Afrique, du phénomène si mystérieux, qui a produit l'imprégnation pyriteuse et aurifère de ces derniers conglomérats. Il paraît mettre en évidence une venue métallifère calédonienne, manifestée, d'autre part, au Transvaal, par d'innombrables filons-couches dans les schistes, considérés comme contemporains des conglomérats; ces vastes formations détritiques seraient alors l'indice de l'exhaussement d'une chaîne montagneuse, une sorte de flysch, dont le dépôt aurait été accompagné par l'ouverture de grandes fentes et la montée (un peu plus tôt ou un peu plus tard, on l'ignore) de dissolutions pyriteuses aurifères.

Je rappelle seulement, en outre, l'importance que présente, dans le Soudan, le commerce du sel; ces gisements de sel soudanais, qui peuvent correspondre à des réapparitions de trias, ont été décrits au chapitre VII[1].

2° CAMEROUN, CONGO FRANÇAIS ET CONGO BELGE

(*Cuivre, plomb, étain, manganèse, fer, sel*)[2].

Au *Cameroun*, on n'a encore rien trouvé de sérieux comme minerai; les nègres exploitent seulement, en divers points, des concentrations de fer secondaires dans les latérites, sans valeur pour les européens. On a signalé, en outre, un peu de cuivre dans le district de *Bali* et des traces d'or insignifiantes dans les gneiss et micaschistes du *Sannaga* inférieur et du pays d'*Abo*.

Dans les régions équatoriales, qui comprennent, outre le Congo, l'Est-Africain allemand, ce n'est plus de l'or que nous avons à signaler. Par un hasard, dont on apercevra peut-être un jour la cause géolo-

passent à des pegmatites, aboutissant elles-mêmes à des hyalomictes et à des quartz. L'or alluvionnaire de la région paraît bien provenir de ces pegmatites et quartz pegmatoïdes : ce qui le rapproche des gisements d'Um-Rus, Madagascar, etc. (voir p. 25) et rentre donc dans le facies ordinaire des gîtes en massifs anciens, tels que ceux du Brésil. Comme confirmation de cette hypothèse, à *Akrézié*, au S.-E. de N'Zakrou (5 kil. N. d'Aloso), on a trouvé en place du quartz aurifère, à or natif et tellurure d'or, contenant de la chlorite abondante, produite par l'altération du mica.

[1] Page 251. D'après Barth, Foureau, etc., il existerait, dans l'*Aïr*, près d'*Ingal*, au S.-O. d'Agadez et vers *Zinder*, des gisements de cuivre et de fer (cf. Leroy-Beaulieu : *Sahara et Soudan central*. Rev. des Deux-Mondes, 1er nov. 1902).

[2] Voir pages 124 à 131, 152, 158, 162, 166, 254.

gique, cette zone équatoriale paraît faire contraste, par sa pauvreté en or, avec les belles zones aurifères, qui se trouvent : l'une entre le 5e et le 10e degré de latitude Nord (Soudan, Côte d'Or, Nubie, Abyssinie) ; l'autre entre le 15e et le 25e degré Sud (Rhodésia, Angola, Mozambique, Transvaal et Madagascar) [1]. Ici, les métaux à signaler sont, avant tout, le cuivre et le fer, très accessoirement, des traces d'étain.

Cuivre et fer se trouvent là dans des conditions, qui rappellent souvent les gîtes scandinaviens, avec cette différence toutefois que certaines de leurs veines se présentent, comme au Niari, en intercalations au milieu de calcaires : d'où résulte nécessairement, au moins à la surface, un facies d'oxydation spécial.

Au *Niari*, dans le Congo francais, les gisements qui affleurent, sont des carbonates et silicates au milieu de calcaires magnésiens d'âge peut-être dévonien. On a cru remarquer que les filons s'arrêtaient partout sous les grès du Karoo et devaient être, par conséquent, supposés antérieurs au permien. En profondeur, il doit y avoir des gîtes sulfurés complexes, où la chalcopyrite et la pyrite de fer sont associées avec de la galène, de la blende et du manganèse [2].

Au *Katanga* [3], l'on retrouve, à la surface, des carbonates et silicates de cuivre, qui ont fait l'objet des anciennes exploitations indigènes ; mais, ici, les gisements, encaissés dans des schistes siliceux ou talcschistes, ont été transformés bien moins profondément que dans les calcaires du Niari et l'on voit très bien qu'il s'agit de filons-couches éparpillés en veinules dans des schistes, comme on en connaît tant d'exemples en Norvège. Avec ce cuivre se présente un peu de plomb.

Dans la même région, M. Cornet a décrit divers gros amas de magnétite et d'oligiste, des montagnes de fer, qui peuvent, de leur côté, être comparées à celles de la Laponie suédoise.

Enfin, la seule richesse minérale réellement utilisée dans le Katanga est formée par de belles sources salines.

ANGOLA ET OUEST-AFRICAIN ALLEMAND

(*Or, cuivre, plomb, fer, bitume.*) [4]

Dans la colonie portugaise d'Angola, où les richesses sont fort peu mises en valeur, j'ai eu à signaler un peu d'or au *Rio Lombigo*, vers *Huilla*, dans les sables de l'*Okachitanda* [5]. J'ai mentionné également des

[1] J'ai noté pourtant (page 40) des traces d'or dans les monts de Cristal.

[2] Voir plus haut, page 124.

[3] Voir plus haut, page 127.

[4] Voir, plus haut, pages 40, 131 et 132, 152, 166, 278.

[5] Page 41.

districts cuprifères près de *Bembé* à *Dondo,* dans la région du *Localla,* à *Huilla*[1], et un peu de fer à peu près dans les mêmes districts[2] ; enfin, dans la région qui touche au Congo, je rappelle les produits bitumineux de *Mussera* et de *Dandé*[3].

Pour la région allemande, située plus au Sud, le peu que l'on sait a été résumé dans un mémoire d'ensemble de M. Stromer von Reichenbach[4]. Les conclusions de cette étude, en ce qui concerne les richesses métallifères reconnues, sont, généralement, plutôt négatives.

Dans l'*Ouest-Africain allemand* (Damaraland et Gross Namaqualand), on a signalé du fer dans les gneiss et schistes cristallins, notamment de la magnétite et de l'oligiste près *Angra-Pequeña* ; mais le métal, qui offre les gisements de beaucoup les plus intéressants, est le cuivre, sous forme de filons quartzeux ou d'amas dans les mêmes terrains cristallins ; on a surtout insisté sur l'existence des districts cuprifères d'*Otavi*, de *Tsoumeh* et de *Windhœk*[5], dont j'ai parlé précédemment et où la pyrite de fer cuivreuse paraît constituer des amas. Dans cette dernière région, il a été également signalé un peu d'or[6]. De la galène se trouve à *Angra Pequeña,* ou associée avec le cuivre d'Otavi et de Windhœk. On rencontre quelques amas de graphite à *Garubeb,* sur la rivière Kān.

4° COLONIE DU CAP

(Cuivre, diamant)[7].

La Colonie du Cap possède deux grandes richesses minérales, le district cuprifère d'*Ookiep* et les diamants de *Kimberley*. Toutes deux ont été l'objet précédemment d'études complètes. En ce qui concerne le cuivre, il y a lieu de rappeler que les gisements d'Ookiep appartiennent, plus nettement encore que les gîtes du protectorat allemand, au type des amas sulfurés. Le principal amas d'Ookiep atteint, à un endroit, 11 000 mètres carrés de section ; dans le même district, l'amas de Tweefontein présente l'association de magnétite et de chalcopyrite, qu'on est habitué à rencontrer dans divers gisements anciens ou profonds (Peekshill au Nord de New-York, Cornwall en Pensylvanie, Traverselle, etc.). En même temps, l'on a, du côté portugais, dans les gneiss et

[1] Page 131. (cf. un article récent de W. Voit, sur le cuivre de *Senze do Itombe*, en Angola (Z. f. p. 6 col., nov. 1902).

[2] Page 166.

[3] Page 278.

[4] *Die Geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika* (Munich. 1896).

[5] Page 133.

[6] Page 42.

[7] Voir, plus haut : pages 133 à 136, 192 à 205.

schistes cristallins, des lentilles de magnétite et d'oligiste. Ces gisements en amas, ces magnétites et ces pyrites cuivreuses forment un ensemble, qui rappelle bien les régions boréales d'Europe ou de l'Amérique.

5° TRANSVAAL ET ÉTAT D'ORANGE

(*Or, cuivre, étain, zinc, plomb, cobalt, fer, diamants, combustibles, etc.*)[1]

Dans le Transvaal et l'État d'Orange, en dehors des mines d'or et des diamants (Jagersfontein, etc.), dont l'importance est suffisamment connue, il existe un assez grand nombre de gîtes métallifères plus récemment découverts; j'ai résumé surtout au chapitre du cuivre ce qu'il y avait à en dire et j'ai reparlé, à l'occasion du fer, de l'antimoine, du cobalt, de l'étain, du chrome, du manganèse, de quelques-uns d'entre eux. Une étude a été également consacrée aux mines de combustibles. Quelques notions plus générales sur ces gisements peuvent cependant avoir encore leur utilité.

On sait qu'il existe, dans cette région comme dans toute l'Afrique Centrale et l'Afrique Australe, une série primaire recouverte en discordance par une série du Karoo, avec dislocations plus récentes localisées le long des côtes ou, dans l'Est du continent, suivant un axe éruptif N.-S, qui commence, à peu près, au Sud, vers le Zambèze. La série du Karoo ne nous intéresse que par les combustibles qui y sont intercalés et les cheminées diamantifères qui la traversent; la série primaire est, au contraire, riche en gîtes métallifères de toutes sortes, qui prennent, tantôt la forme de filons intrusifs plus ou moins interstratifiés, tantôt même, comme pour l'or du Witwatersrand, l'apparence de véritables couches sédimentaires. Si on laisse de côté ces minerais d'or, ces « bankets », dont j'ai suffisamment discuté plus haut l'origine[2], la nature intrusive des autres gisements n'est guère contestable : ce sont des dépôts d'incrustation, postérieurs aux couches sédimentaires où on les rencontre; il est donc logique de les classer, soit d'après leur composition, ce qui a été fait dans d'autres chapitres, soit d'après l'âge et la nature de la veine à laquelle ils appartiennent. Cette dernière méthode étant difficile à mettre en pratique, M. Molengraaff, auquel on doit la dernière description d'ensemble du Transvaal, a préféré les grouper d'après l'étage géologique où on les rencontre : étage, dont la nature pétrographique a eu, en effet, une influence sur leur allure. Après avoir commencé par les mentionner dans cet ordre, je dirai quelles conclusions plus générales il semble possible d'en tirer.

[1] Voir, plus haut : pages 42 à 98, 137 à 140, 150, 152, 158, 160, 163.

[2] Pages 137 à 140.

La coupe de la série antérieure au Karoo, telle qu'elle a été admise par ce géologue, a été donnée plus haut au chapitre de l'or[1]. Nous allons en examiner rapidement les divers termes, pour rappeler les gîtes qu'ils peuvent contenir.

Dans le **système primaire**, on a surtout à mentionner, après les formations aurifères diverses, les pegmatites à cassitérite d'*Embabaan* (Swaziland) et les amphibolites cuprifères de *Goudhoek* (498), dans le sud du district de Vrijheid; on a également trouvé des traces de cinabre dans les schistes à séricite de la vallée du *Lomati*, de la stibine dans les amphibolites de *Forbesreef* en Swaziland, de *Komati* au nord de Steynsdorp et dans quelques veines aurifères des schistes primitifs, comme à *Gravelotte*, près de Leydsdorp; enfin, de la crocoïse le long d'un dyke de diabase, dans les schistes à staurotide de *Darkton*, en Swaziland.

La **série du Blackreef**, qui vient aussitôt au-dessus des poudingues aurifères du Witwatersrand, est seulement caractérisée par des gisements d'or irréguliers; mais la **série de la dolomie**, qui repose au-dessus, renferme de nombreux gîtes métallifères. Ainsi, dans la partie centrale du Transvaal et le district de Lydenburg, se trouve, près la base de la dolomie, le système de schistes et d'ardoises, connu sous le nom de Tweefontein-slates, où l'on trouve une zone aurifère, remarquable pa sa forte teneur en manganèse (*Barrets-Berlin*).

Une seconde zone minéralisée, cette fois plombifère, s'observe entre le Sud de Prétoria et le district de Marico à l'Ouest, sous forme de filons-couches, ordinairement situés au contact de schistes imperméables avec le calcaire dolomitisé, suivant la règle habituelle de tant de gisements encaissés dans les calcaires. En général, comme à *Kromdraai*, c'est une veine filonienne de galène à gangue de quartz et fluorine, avec un peu de pyromorphite et cérusite, présentant des épontes nettes; quelquefois, la fracture s'élargit en une série de poches et le gisement présente des associations plus complexes, qui ne sont pas sans rapport avec ce que nous avons observé tant de fois en Algérie : galène, blende et calamine, pyrite, indices cuivreux, cinabre, fluorine et calcite. Tout autour de ces gîtes, la dolomie est imprégnée de nombreux cristaux de trémolite à décomposition talqueuse.

Dans le district de *Marico*, la dolomie est recoupée par diverses veines de quartz aurifère, avec minerais de cuivre : chalcopyrite, bornite (érubescite), malachite et azurite, dont l'exploitation est difficile en raison de leur irrégularité et surtout des masses énormes d'eau, que draine la dolomie fissurée.

Enfin, dans le district de *Lydenburg*, où la série dolomitique est très

[1] Page 46.

fréquemment traversée par des diabases, il paraît exister, en connexion avec celles-ci, un certain nombre de filons-couches aurifères, parfois au contact immédiat de dykes intrusifs de ces roches. Ces filons-couches se divisent en deux groupes ; les uns, riches en manganèse, à la base de la série (type de Tweefontein à *Barrets-Berlin* et *Spitskop*) ; les autres, plus nombreux, avec association d'or et de cuivre, appartenant au groupe supérieur.

La série de Prétoria, pauvre en gisements, renferme pourtant, à sa base, quelques filons-couches de quartz aurifère et, dans ses parties hautes, des filons cuprifères et plombifères avec traces d'argent, reconnus dans les districts de Prétoria, Rustenburg et Lydenburg.

La **série plutonienne du Boschveld**, formée de roches intrusives et éruptives ayant pour caractère commun une forte teneur en soude, renferme, au Nord de Zeerust et de Rustenburg, dans les Zwart-Koppies, etc., des norites à magnétite sur la périphérie d'un granite rouge. La magnétite constitue, par ségrégation, dans ces norites, des amas d'une grande importance ; parfois encore, on y trouve du fer chromé.

M. Molengraaff a fait remarquer l'abondance des composés fluorés et, notamment, de la fluorine dans les veines dérivées de ce granite rouge. Certaines de ces veines contiennent, en même temps, de l'hématite avec un peu de quartz aurifère.

A plus grande distance, le même géologue rattache aux émanations dégagées de cette série, des gisements assez nombreux, répartis par lui suivant cinq zones principales, dont la plupart ont déjà été signalés au chapitre du cuivre comme renfermant ce métal. Ce sont :

1° La zone de la *Willows-silver-mine*, avec un groupement sidérose et minerai de cuivre, rattaché à des diabases ; accessoirement, on a trouvé, à la *Transvaal-silver-mine*, de la galène argentifère, de la cérusite et de la crocoïse, avec de la tétraédrite, qui est surtout un minerai d'argent ;

2° La zone des filons plombifères (et un peu blendeux), situés dans le niveau supérieur des quartzites du *Magaliesberg* (Elendale, etc.) ;

3° La zone des filons cobaltifères de *Balmoral*, probablement identique à la précédente, qui offre une sorte de roche cornée, largement imprégnée de cristaux d'actinote et smaltine, dont toutes les petites fissures sont tapissées de cristallisations d'érythrine ;

4° Les filons de pyrite, chalcopyrite et smaltine aurifère de *Laatsedrift* (82) et *Rhenosterhoek* (110) dans le district de Middelburg, englobés dans une norite très pyriteuse ;

5° Les filons de cuivre argentifère, avec quartz et hématite, encaissés

dans le granite rouge de l'*Albert-silver-mine*, à 85 kil. E.-N.-E. de Prétoria.

En résumé, il me semble qu'il a dû se produire, dans ces régions du Transvaal, au moins deux venues métallifères distinctes, correspondantes à deux chaînes de plissement, à deux montées granitiques, dont l'une remonte au début de la série primaire du Cap (granite ancien, avec cassitérite, du Swaziland) et dont l'autre est venue s'intercaler entre cette série et celle du Karoo.

A la première, l'étain seul se rapporte avec certitude; mais, à moins de considérer les conglomérats du Witwatersrand comme une sorte de filon-couche très spécial, ce qui est bien invraisemblable, la pyrite aurifère de ces conglomérats est forcément, ou antérieure au dépôt des conglomérats (théorie du placer), ou leur contemporaine (théorie de la sédimentation chimique); elle appartient donc, elle aussi, à cette série très ancienne.

Au contraire, tous les autres gîtes du Transvaal sont plus récents. Sans parler des amas du Black-reef, qui semblent de simples produits de remaniement, les incrustations métallifères, que l'on observe, sous forme de filons-couches, dans les schistes de Barberton, ou, dans les dolomies, sous forme de diaclases minéralisées, sont postérieures : les unes au moins à ces schistes (regardés comme contemporains des conglomérats aurifères); les autres aux dolomies. Peut-être sont-elles encore plus jeunes et faut-il les rattacher à tout cet ensemble métallifère de Middelburg, etc., qui a gardé un caractère à peu près filonien avec des sulfures complexes et qui tient, par un lien intime, à la série éruptive du Boschveld.

Remarquons que, depuis l'époque où se sont constitués les conglomérats, nous observons là une série de venues éruptives, commencées par les diabases amygdaloïdes avant le Black-reef, continuées par les roches du Boschveld avant le Karoo, terminées, pendant le Karoo même, par toute la série basique, dont les kimberlites diamantifères sont le terme extrême. Il est naturel de supposer qu'en même temps les fumerolles métallisantes ont dû être réparties sur un laps de temps assez prolongé.

6° AFRIQUE ORIENTALE ALLEMANDE[1].

(Cuivre, plomb, fer, sel, combustibles).

Les richesses minérales reconnues dans l'Afrique Orientale Allemande sont, jusqu'ici, fort peu importantes. J'ai résumé, au chapitre VIII,

[1] Voir, plus haut, pages 136, 152, 163, 255, 271; voir aussi STROMER VON REICHENBACH, *Die Geol. der deuts. Schutzg. in Afrika* (1896), la carte géologique annexée et la bibliographie p. 105; cf, en outre, divers articles de la *Zeits. für prakt. Geol.*

ce qui concerne les **combustibles**; un peu de charbon d'une valeur problématique a été trouvé dans les couches du Karoo, notamment au nord du lac *Nyassa*, près du *Songwe*.

Le **fer** forme de nombreuses concrétions dans les latérites (*Kawendi, Urambo, Usindja,* etc.), et l'on trouve de la magnétite abondante dans les alluvions d'*Usambara* et de *Para;* mais, quoique la magnétite et l'olgiste semblent, comme c'est ordinaire en Afrique, abondantes dans les terrains cristallins, on n'en a pas encore signalé de masses considérables. On signale du **plomb** dans les monts *Upalla,* district de *Mahenge* et à *Schimba*; du **cuivre** à *Karema* (Tanganyika), dans la région de *Massassi*, à *Irangi*, à *Udjidji* (Ulambulo) *et Uvinsa*. Enfin les seuls gisements réellement exploités sont les **salines** d'*Uwinga*, à quatre jours d'Udjiji. Ce sel, exporté dans le district du Nyassa, y atteint une valeur considérable.

7° MADAGASCAR

(*Or, cuivre, nickel, fer, combustibles, cristal de roche, etc.*)[1]

Les richesses minérales de Madagascar sont, jusqu'ici, surtout un exemple des illusions qu'on se fait volontiers sur un pays encore mal connu avant d'y pénétrer et de la façon dont la réalité se charge de les démentir le jour où il devient accessible[2]. Les énormes gisements d'or, dont l'attraction, quelque peu fabuleuse, a certainement contribué à la popularité immédiate de la conquête, ont fondu le jour où l'on s'en est approché; les grandes exploitations industrielles, que l'on devait y organiser, ont dû humblement rendre la place qu'elles avaient cru emporter de haute lutte, aux anciennes méthodes rudimentaires des indigènes. Les déboires des premiers pionniers, les uns causés par la nature des choses, les autres par nos méthodes administratives, ont été fréquents un peu partout. Mais, actuellement, cette première phase est à peu près passée et l'on doit prévoir qu'après les trésors plus ou moins imaginaires, sur lesquels tant de gens s'étaient enflammés sans réflexion, des richesses, souvent plus modestes, mais celles-là du moins réelles, vont être peu à peu découvertes dans ce vaste pays, à mesure que la connaissance en sera plus complète.

Pour ces richesses minérales[3], contrairement à ce que j'ai fait pour

[1] Voir, plus haut, pages 140, 152, 161, 163, 274, 278.

[2] Voir entre autres, pour ces illusions du début : L. SUBERBIE. *Les gisements aurifères de Madagascar*, dans la Revue générale des Sciences de 1895.

[3] *Collection des anciens ouvrages relatifs à Madagascar, publiée par l'Union Coloniale Française et le Comité de Madagascar.* — 1885. SIBREE. *A Madagascar bibliography,* in-8°, IV, 92 p. Antananarive (The London missionary society). — 1895. *Ce qu'il faut connaître de Madagascar* (Revue générale des sciences). — 1897.

les autres parties de l'Afrique, j'ai renvoyé la description à ce paragraphe. Madagascar forme, en effet, un tout à lui seul, qui pourrait presque être considéré comme indépendant de l'Afrique. Pratiquement, ainsi que nous le verrons bientôt, tout l'intérêt minier de l'île reste, d'ailleurs, borné à ses gisements d'or, dont, seuls, ceux de l'Est, sur l'Ampasary, le Sakaleony et dans la grande forêt, vers le Nord, ont paru encourageants dans ces derniers temps. Mais nous devrons citer, en outre, des gisements de fer, un peu de cuivre, de plomb, de nickel, de lignite, de bitume et quelques minéraux durs, cristal de roche, améthyste, etc.

Géologie. — La géologie de Madagascar, dont les grandes lignes ont été esquissées pour la première fois par M. A. Grandidier, a donné lieu, depuis l'occupation française, à toute une série de travaux, que M. Boule a sommairement résumés [1].

En son ensemble, la Grande Ile présente, avec les horsts hercyniens d'Europe et, plus spécialement, avec notre Plateau Central, le même rapprochement, que l'on retrouve si caractérisé dans toute l'Afrique Australe. C'est un massif de terrains cristallophylliens avec enclaves primaires, dirigé Nord-Sud, le long duquel se sont déposés (à partir du trias, dans l'Est), une série de sédiments, que des plissements postérieurs ont disloqués et redressés et qui occupent, sur environ un tiers de sa largeur totale, la partie Ouest de l'île. La séparation de ces deux zones de terrains, constitue une ligne orographique si nette qu'elle a été de tout temps fortifiée (fig. 71) [2].

Postérieurement, des roches volcaniques récentes, basaltes, trachytes et phonolithes, ont traversé l'ensemble de ces divers terrains à la faveur de dislocations tertiaires, en relation avec lesquelles on trouvera peut-être, un jour ou l'autre, au milieu des roches cristallines, quelques bassins tertiaires analogues à la Limagne.

G. GRANDIDIER. *L'or à Madagascar.* (Bull. du Comité de Madagascar, oct. 1897). — 1897. DEL BOCA. *Les gîtes d'or du Boeni à Madagascar* (Réun. de Saint-Etiennne, déc. 1897, p. 221). — 1897-1898. GAUTIER. *Géologie du Ménabé et du Mahilaka, Atlas de l'Ambongo* (Colonie de Madagascar, notes, reconnaissances et explorations, Revue mensuelle, 30 nov. 1897, 31 juillet, 30 sept. et 30 nov. 1898). — 1900. M. BOULE. *Géologie de Madagascar* (Congrès géologique de 1900). — 1900. *Guide de l'émigrant à Madagascar.* — 1900. G. GRANDIDIER. *Voyage dans le Sud-Ouest de Madagascar* (Confér. à la Soc. de géogr. du 5 janv. 1900 et notes diverses de géologie au Bull. Mus. hist. nat.). — 1900. GALLIENI. *Madagascar* (Géographie, 15 janv. 1900). — 1901. LACROIX. *Sur l'origine de l'or de Madagascar* (C. R. 21 janv. 1901 ; Géographie, 1901, p. 223]. — 1901. *Etudes sur la valeur agricole des terres de Madagascar* (C. R., 25 février 1901). — 1902. GAUTIER. *Géographie physique de Madagascar.*

[1] *Compte rendu du Congrès* de 1900, p. 676 à 688, avec carte géologique en couleurs et notes bibliographiques. Il n'est question, dans cet article, ni des terrains primaires, ni des richesses minérales (Voir également une petite carte géologique dans la *Géographie* du 15 janvier 1900).

[2] D'après de toutes récentes constatations faites dans le Sud de Madagascar, la région du cap Sainte-Marie serait un vaste plateau calcaire.



Fig. 71. — Carte minière de Madagascar.

(On a couvert d'un grisé le massif cristallophyllien).

On doit lire : Nosy-Bé; Lac Kinkony; Morafenobé; Tsiribihina; Mandroso; Betsileo.

L'île, jusqu'à la fin du trias, paraît avoir partagé le sort de l'Afrique Australe et de l'Inde, pays auxquels elle devait être rattachée, c'est-à-dire qu'on y trouve, en discordance sur les terrains antérieurs au permien, des grès assimilés aux formations du Karoo et de Gondwana, mais ici disloqués (au lieu d'être restés horizontaux) et intercalés, suivant une traînée Nord-Sud, entre les schistes cristallins et le jurassique.

Dès le début du jurassique, la coupure s'est faite entre Madagascar et l'Afrique : la série jurassique marine est très complète sur la côte Ouest. Au contraire, dans l'Est, on ne connaît encore qu'un lambeau crétacé très restreint, à Fanivelona (30 kil. au nord de Mahela) : lambeau sénonien, à espèces de l'Inde orientale, dont la présence prouve qu'à partir du sénonien, tout au moins, Madagascar a été entouré par la mer de toutes parts.

Les richesses minérales, à l'exception de quelques combustibles liasiques assez insignifiants, dont je dirai un mot bientôt et d'un peu de cuivre en relation avec des basaltes tertiaires, se trouvent exclusivement dans les schistes cristallins, quartzites, amphibolites, gneiss, etc., et les bassins primaires intercalés, qui constituent le Plateau Central de l'Ile. Ces gîtes minéraux se composent surtout d'or, exploitable seulement dans les alluvions ou les terres rouges (latérites) de décomposition, mais provenant primitivement d'inclusions ou de veinules interstratifiées dans les terrains cristallins et métamorphiques (quartzites à magnétites, amphibolites, gneiss, etc.). Une partie de cet or, sous forme de quartz aurifère, paraît avoir été introduite dans les terrains transformés en gneiss au moment de leur métamorphisme et doit provenir de pegmatites aurifères, analogues aux pegmatites stannifères, dont on connaît tant d'exemples dans toute la chaîne hercynienne d'Europe.

Les mêmes terrains contiennent des gisements de magnétite et oligiste, comme dans l'Afrique Australe ou le Brésil, et, peut-être, quelques pyrites cuivreuses; puis, comme dans toutes ces formations, où les actions granulitiques sont intervenues avec intensité, des minéraux durs plus ou moins précieux : cristal de roche, améthyste, zircon, saphir, tourmaline, émeraude, grenat, etc., en relation avec des veines de pegmatite.

D'autre part, on connaît, au sud de Tananarive, dans le district d'Ambositra et d'Ambatofangehana (bassins de la Vato, de la Mania, etc.) un certain nombre de venues métallifères intéressantes, les unes en relation probable avec des roches basiques profondes comme certains hydrosilicates de nickel analogues à ceux de la Nouvelle Calédonie, les autres appartenant peut-être à de véritables formations filoniennes, qui correspondraient à celles du district de Middelburg, au Transvaal, comprenant des veines de galène, chalcopyrite (oxydée et carbonatée à la surface), manganèse cobaltifère, etc. Ces dernières, en

grande partie intercalées dans des dolomies siluriennes, ont pris les formes d'oxydation habituelles aux gîtes en relation avec des calcaires.

Production de l'Or. — Quelques mots d'historique sur la question de l'or à Madagascar ne seront peut-être pas inutiles, avant d'aborder l'examen géologique des gisements. Sans rappeler les anciens documents relatifs à cette richesse aurifère, dont M. Guillaume Grandidier a fait une étude fort intéressante[1], on sait que, jusqu'en 1885, le gouvernement malgache s'opposait absolument à toute recherche de minerais. Antérieurement à cette date, on cite seulement une découverte de sable aurifère faite en 1869 par un anglais sur l'*Ampariry*, un des affluents de la Betsiboka, où l'on a retrouvé, en effet, tout récemment de riches gisements. En 1885, M. Suberbie obtint une concession de 300 kilomètres de côté entre les deux fleuves *Mahajamba* et *Mahavavy* (N.-O. de l'île) et, peu après, M. Talbot, sujet mauritien, auquel s'adjoignit un anglais Dawson, en obtint une autre plus au Sud, près d'*Ankavandra*. Pendant quelques années, il y eut alors des recherches d'or pour le gouvernement et pour ces deux concessionnaires. Puis vint la campagne militaire de 1895, immédiatement suivie par un afflux de prospecteurs, accourus notamment du Transvaal et séduits par la réputation de richesse, que ces gisements d'or devaient, en particulier, à leur côté un peu mystérieux, à la difficulté qu'on avait éprouvée, jusque-là, pour les étudier.

Dans les années suivantes, les Syndicats, les Sociétés se multiplièrent; comme il y a un peu partout des traces d'or à Madagascar, chacun des promoteurs était bien fondé à dire qu'il apportait un gisement d'or d'une étendue considérable. Aucune de ces entreprises n'a donné de résultat. Sans rappeler celles qui furent édifiées uniquement sur une illusion ou une erreur de diagnostic, la plus fameuse et la plus importante, celle de Suberbie, après avoir transporté à *Mevatanana* des cuves de cyanuration, qui ne servirent jamais et d'autres engins trop perfectionnés, a dû renoncer à tout travail direct. Cependant, après le découragement que ne pouvaient manquer d'inspirer ces échecs, on paraît être rentré peu à peu dans une phase plus favorable. Tout d'abord, les nombreux petits gisements d'alluvions, inexploitables en grand pour une Société européenne, ont donné lieu à une foule de lavages indigènes, opérés économiquement à la battée et à une production d'or qui, centralisée en grande partie par le Comptoir d'Escompte, a fourni les chiffres d'or exporté, que l'on voit figurer dans les statistiques officielles.

1897	1898	1899
214 000 fr.	339 000 fr.	1 184 000 fr.

[1] Guillaume Grandidier. *L'or à Madagascar* (Bull. du Comité de Madagascar, oct. 1897).

Puis, l'on a découvert, en 1899, dans l'Est de l'île, d'importantes alluvions aurifères sur l'*Ampasary*, affluent du Mananjary et dans le *Sakaleony*, qui se jette à Fanivelona. Ces deux districts ont été ouverts à l'exploitation publique. D'après la Mineral Industry, le premier aurait fourni, au moins dans les premiers temps, 200 kilogrammes d'or par mois.

Un peu après, MM. Meurs et Boussand[1], qui avaient fait auparavant une tentative infructueuse aux environs d'*Itaolana* (Itola), au Sud du Betsileo, eurent l'idée d'explorer, dans l'Ouest de l'île, les divers torrents traversant le sol de la grande forêt : une région où les Malgaches n'avaient jamais osé faire de recherches. Ils trouvèrent ainsi un premier point aurifère à *Beforona*, sur la route de Tamatave à Tananarive, puis une série d'autres, plus au Nord, à *Fenérive* et jusqu'à *Vohémar*. Ils ont organisé là des lavages au sluice, qui donnent, paraît-il, de bons résultats.

Passons maintenant au côté géologique de la question.

Géologie de l'Or. — L'or se présente, à Madagascar, sous les trois formes : 1°, d'inclusions dans des roches basiques, ou dans des gneiss et quartzites à magnétite, devenant utilisables quand ces roches sont décomposées en terre rouge; 2°, de filons proprement dits, rares et, sans valeur pratique; enfin, 3°, de placers, qui donnent à peu près seuls, jusqu'ici, quelques résultats fructueux.

1° L'or natif, à l'état d'inclusions, existe dans certains gneiss à biotite de la région de Suberbieville étudiés par M. Lacroix, ou il moule les grains de quartz et paraît tout à fait contemporain de la formation de la roche ou, du moins, du métamorphisme, qui lui a donné son aspect actuel. C'est ainsi que M. Lacroix a décrit, en 1901, deux échantillons, l'un de quartzite à magnétite, l'autre de gneiss, provenant tous deux du *Mandraty*, affluent de l'Ikopa, dans lesquels l'or natif lui paraît être à l'état de minéral primordial, d'élément normal, comme dans les roches gneissiques du district de Campanha (Minas Geraès) étudiées par M. Orville Derby, comme aussi probablement dans certaines roches analogues de Sibérie ou de la Guyane, d'après les observations de MM. Levat et Maurice Bernard[2].

Dans le quartzite à magnétite, l'or natif, régulièrement disséminé, joue le même rôle que la magnétite, c'est-à-dire moule les grains de quartz, ou est englobé par eux.

Dans le gneiss, l'or est abondamment distribué en grenailles ou en cristaux nets, inclus dans tous les éléments : quartz, feldspaths et

[1] Renseignements inédits, obligeamment communiqués par M. Guillaume Grandidier, à l'expérience duquel je dois de nombreux détails sur Madagascar et que je suis heureux de remercier ici bien vivement.

[2] *C. R. Ac. des Sciences*, 21 janvier 1901.

même biotite. On l'y trouve, non seulement en particules visibles à l'œil nu, mais encore en myriades de petits cristaux, disposés suivant des surfaces planes ou courbes, à la façon des inclusions liquides (elles-mêmes très abondantes dans le quartz de la roche)[1].

Ce gneiss ne contient pas trace de pyrite et M. Lacroix en conclut, très justement ce me semble, que l'or a été introduit là lors du métamorphisme qui a produit les gneiss, par un magma granulitique, analogue à celui qui renferme si souvent ailleurs de la cassitérite et, avec l'étain, de l'or[2]. Il y aurait donc eu là, probablement, cristallisation fluorée directe, au lieu de la cristallisation par l'intermédiaire du soufre, du sélénium ou du tellure, à laquelle nous sommes plus habitués.

Nous pouvons noter que cette observation n'est pas seulement importante pour Madagascar, mais aussi pour tout ce vaste continent africain, que nous étudions ici. Partout, en effet, on y retrouve ces mêmes facies, également caractéristiques des zones boréales, comme le Canada, la Scandinavie, la Sibérie, ou de leurs homologues comme mode de constitution, la Sibérie et l'Afrique Australe et que nous avons appris à considérer comme des facies de profondeur. Les quartzites et gneiss à magnétite ou à oligiste parfois aurifères, les terrains métamorphiques à zones pyriteuses, avec cuivre, nickel, or, beaucoup plus rarement zinc et plomb, en sont des types bien connus. Nous attribuons volontiers la façon dont ces substances métalliques ont cristallisé, dans la masse même du terrain, à la profondeur et, par suite, à la pression, sous laquelle ces réactions ont été réalisées, dans des zones profondes, qu'une érosion intense a pu seule mettre à jour. Il est très vraisemblable que l'observation précise, faite par M. Lacroix à Madagascar, s'applique à nombre d'autres gisements africains, pour lesquels on a vainement cherché, comme origine, des placers, des filons primitifs, qui n'existent pas[3].

Les exemples de ces gisements d'inclusions ne sont pas rares à Madagascar.

C'est, paraît-il, à cet état que se trouve une grande partie de l'or dans la province de *Boina* (Boeny), dont le centre connu est *Suberbieville*, et, d'après M. Morineau, à *Ampasiry*, *Ambodiroka*, *Mandraty*, *Tainanjadina*, etc.

Suivant divers prospecteurs et notamment M. Chauveau, l'or du *Bet-*

[1] M. Guillaume Grandidier a vu, près d'Ambositra, des paillettes d'or dans un bloc de gneiss, formant la pierre d'un tombeau malgache.

[2] Cette observation me paraît confirmer l'intérêt du type gîtes d'inclusions, que j'ai, depuis longtemps, proposé d'introduire dans la classification des gîtes métallifères, à côté des types classiques filoniens et sédimentaires.

[3] J'ai cité ailleurs (pages 25 et 351), en Egypte, sur la Côte d'Ivoire, etc., divers exemples de pegmatites aurifères.

sileo existe aussi, à l'état finement disséminé, dans des terres rouges (latérites), résultant, comme le *cascajo* vénézuélien ou la *terre à ravets* guyanaise, de la décomposition sur place des roches amphiboliques, sous l'action intense des pluies tropicales.

Pratiquement, l'exploitation de ces terres rouges présente des difficultés qu'on aperçoit aussitôt. La teneur en est, en effet, très faible et, pour les traiter, il faudrait pouvoir appliquer en grand la méthode hydraulique californienne. Or l'eau manque, en général, sur les plateaux à terres rouges ; pour la retenir par des barrages et l'amener au point d'utilisation avec la pression nécessaire, il faudrait des immobilisations de capitaux considérables.

On se contente donc de recueillir le peu d'or, qui reste, à la surface du sol, dans les ravinements, après les fortes pluies annuelles, où une partie de l'argile est entraînée. Mais, surtout, c'est de cette source primitive de l'or, répartie sur une étendue considérable, que doivent provenir les innombrables alluvions aurifères déjà reconnues.

2° L'or en filons a été signalé autour de *Suberbieville* (*Mevatanana*), à l'état de nids, dans une multitude de veinules quartzeuses blanc rosé, qui s'interstratifient, avec une direction Nord-Sud, dans les quartzites et schistes amphiboliques.

D'après une communication de M. del Boca[1], la région de Suberbieville comprend des quartzites ferrugineux, diorites quartzifères, granites amphiboliques, parfois très riches en hornblende, avec enduits de tourmaline, syénites, pegmatites. Les veinules de quartz aurifère N.-S. sont accompagnées de veines E.-O., qui sembleraient contemporaines, mais ne renferment pas d'or. La présence de l'or paraîtrait en relation avec l'existence d'éléments ferrugineux et cuivreux, sans doute sulfurés en profondeur, mais oxydés près de la surface. Les roches encaissantes elles-mêmes renferment des traces d'or à l'état d'inclusions, comme il a été dit plus haut, et l'on ne sait encore si ces veinules quartzeuses sont contemporaines des magmas granulitiques, que l'on suppose avoir apporté l'or, ou résultent d'une sécrétion, d'une remise en mouvement postérieures. Dans toute hypothèse, l'altération paraît avoir joué son rôle de concentration ordinaire ; car, lorsque les filons présentent des salbandes argileuses, celles-ci sont presque toujours plus aurifères que le filon même.

M. Maurice Bernard, dans un voyage récent, a vu également des lentilles quartzeuses aurifères interstratifiées au milieu d'une formation très régulière de gneiss avec micaschistes et amphibolites. Suivant lui, ce facies serait assimilable en petit à celui des fameux gisements du Callao vénézuélien, où il n'y aurait, ni diorite éruptive, ni filon de

[1] *Soc. Ind. min. Réunion de Saint-Etienne.* 11 déc. 1897, p. 221 à 227.

quartz, comme on l'a dit généralement, mais une lentille de quartz instercalée dans les terrains cristallophylliens.

3°, Enfin, les placers constituent, jusqu'ici, la seule ressource industrielle un peu sérieuse, bien que la plupart d'entre eux se présentent en petites cuvettes d'étendue et de profondeur variable, difficiles à exploiter en grand. Il est à noter, en passant, que certains d'entre eux affectent la forme d'alluvions à gros galets plus ou moins cimentées, où les imaginations, surexcitées par le voisinage du Transvaal, ont parfois voulu voir un équivalent des conglomérats du Wilwatersrand. Notamment, sur la côte Est, on a signalé un gisement considérable de 6 mètres de puissance, affleurant sur plusieurs kilomètres et formé d'un conglomérat à ciment très argileux.

Tout le massif central de Madagascar est aurifère; l'or, s'il n'est pas très abondant nulle part, est extrêmement répandu un peu partout et les rivières, qui en découlent, roulent, pour la plupart, de l'or, malheureusement en trop petites quantités pour être, en général, exploitable autrement que par les procédés rudimentaires et économiques des Malgaches, c'est-à-dire à la battée. Ces alluvions, résultat d'une préparation mécanique naturelle, qui s'est effectuée, depuis des siècles, sur les roches décomposées, ne renferment guère plus de 1 à 2,5 gr. d'or. C'est assez pour faire, pendant quelque temps, de l'orpaillage plus ou moins fructueux; mais il faut bien prévoir que l'épuisement viendra vite et ce n'est pas alors le gîte primitif, qui pourra donner lieu à une réelle exploitation minière importante, pas plus que les imprégnations aurifères de semblables terrains cristallins dans les Alpes, auxquelles sont dues les parcelles d'or, rencontrées dans les alluvions de toutes les rivières du Piémont.

Les points aurifères, les mieux reconnus à Madagascar, sont :

1° Sur l'*Ikopa* et le *Betsiboka*, dans la province de Boina (Boeny), au Nord-Ouest, la région de *Suberbieville* et *Mevatanana*, à laquelle se rattachent les placers de la *Menavava*, affluent de gauche de la Betsiboka. Sa situation entre Majunga et Tananarive avait attiré de bonne heure l'attention sur elle et c'est là que l'on a fait le premier essai (d'ailleurs malheureux), d'exploitation en grand;

2° Un peu plus au Nord-Est, sur la *Mahajamba*, les exploitations, également arrêtées, de *Tsaratanana* et de *Betandraka*, situées, comme celles de Mevatanana, à la limite du plateau primitif et de sa bordure gréseuse, c'est-à-dire dans la région où se produit un changement du relief orographique;

3° Plus à l'Est, les gisements signalés aux sources du *Bemarivo*, affluent de la Sofia et ceux de la plaine de *Lanihay*, au Nord du lac Alaotra;

4° A l'Ouest de *Tananarive*, mais toujours à la limite du terrain pri-

mitif et des grès, les alluvions du *Manambolo*, dans le voisinage d'*Ankavandra ;*

5° Un peu plus au Sud, dans le *Betsiriry*, les placers situés au confluent des rivières *Mania* et *Mahajilo*.

6° En *Imerina* même, divers gisements près de *Behengy*, aux sources de l'*Ikopa* et dans le voisinage du lac *Itasy ;*

7° Dans le *Betsileo*, les régions d'*Ambohimandroso, Ikongo, Itola*, etc. ;

8° Dans l'Ouest, les districts récemment découverts de l'*Ampasary* et du *Sakaleony*, avec la zone aurifère de la grande forêt, exploitée à *Beforona*, reconnue jusqu'à *Vohémar* dans le Nord.

Dans la province de *Boina*, des exploitations industrielles, avec broyeuses, dragues, cyanuration, etc., ont été organisées par la Compagnie Suberbie, qui a dû y renoncer rapidement, aux environs de Suberbieville et de Mevatanana. On trouve, en ce dernier point, dans la terre rouge, des pépites atteignant 450 gr. : pépites non roulées et, par suite, restées sur place dans leur gisement primitif [1]. Mais le traitement industriel porte sur les alluvions, que M. del Boca considère comme pouvant être payantes à 1/3 de gramme par mètre cube, un malgache pouvant passer 3 mètres cubes par jour et se faisant payer environ un franc (le reste des frais pour l'établissement des canaux, la surveillance, le cuivre amagalmé, etc.). Une difficulté pratique est d'empêcher les vols, qui sont faciles, comme sur tous les placers, et dans des proportions considérables.

La région aurifère, dite du *Betsiriry*, qui était très fameuse avant qu'on pût y pénétrer, ne se trouve pas, en réalité, dans le Betsiriry, d'après M. Gautier, directeur de l'enseignement à Madagascar, qui a fait récemment l'étude géologique de cette région [2]. Elle s'étend du col d'Analadirano à Miandrivazo exclusivement, c'est-à-dire qu'elle se trouve dans la petite partie inhabitée qui va d'Inanatonana à Miandrivazo, à mi-chemin entre les Hovas d'Inanatonana et les Sakalaves du Betsiriry; les gisements se composent de simples poches d'alluvions restreintes.

Dans le *Betsileo*, les indigènes exploitent des alluvions aurifères à or très fin, provenant du lavage naturel des terres rouges, qui occupent le plateau. Les centres de travail sont, à Ambositra (120 kil. au N. de Fianarantsoa) et à Ambohimandroso (50 kil. au S.). Cette dernière région aurifère, la plus importante, s'étend de Vinanitelo aux monts Andringitra, formant une large bande à l'Ouest de la grande forêt et passant par Amboasary, l'Ambondrombe, Itaolana, Valokianja. On peut citer

[1] Pépites exposées au Museum par M. Suberbie en 1895.

[2] *Colonie de Madagascar. Notes, reconnaissances et explorations*, 30 nov. 1897 ; 31 juillet, 30 sept. et 30 nov. 1898.

aussi de nombreux points du district d'Itola (Analasampa, Andrianavo, Amboditanana, enfin Vohibé, Valokianja, Lomaka).

Au cours de son premier voyage à Madagascar, en 1899, M. Guillaume Grandidier a visité, dans cette région, les vallées aurifères d'*Itaolana* (Itola) et d'*Anasaha*, près d'Ikongo, où l'on avait espéré un moment pouvoir organiser une exploitation en grand. Des appareils perfectionnés, des sluices, etc., ont même été installés ; mais les résultats n'ont pas été satisfaisants et il a fallu revenir au vieux procédé malgache, c'est-à-dire au lavage à la main, à la battée, qui seul permet d'exploiter ces alluvions, où il n'y a pas plus de 1 à 2 grammes d'or par tonne.

Enfin, comme je l'ai déjà raconté dans la partie historique de cette étude, les régions, sur lesquelles l'attention a été le plus attirée dans ces derniers temps, sont celles de l'Est : alluvions de l'*Ampasary*, du *Sakaleony* et des divers torrents de la grande forêt, sur lesquelles se sont organisés les lavages de MM. Meurs et Boussand (notamment à *Beforona*).

L'or est, jusqu'ici, la seule substance minérale, qui ait donné lieu à une exploitation à Madagascar ; mais d'autres gisements ont été reconnus.

Fer. — Le fer existe en abondance à Madagascar, comme dans tous les terrains métamorphiques africains, sous forme de lentilles intercalées dans les quartzites à magnétite, ou à l'état de produits superficiels remaniés et altérés (hématites, limonites). La magnétite abonde un peu partout, au point de faire dévier la boussole des navires en vue d'Antongil et de Diego Suarez. Une concession de fer, près de Tananarive, a même été accordée à M. Bouts.

Nickel. — On a signalé, en 1899, et même concédé un gîte de nickel à *Ambositra*, sur la route de Tananarive à Fianarantsoa, où M. Guillaume Grandidier a recueilli de la garniérite. L'École des mines possède de cette région de beaux échantillons d'hydrosilicate de nickel, envoyés par M. Villiaume (bassin de la *Haute Mania*).

Cuivre. — La même région, qui paraît une des plus minéralisées de l'île, renferme également des gisements de cuivre et, non loin de là, des gîtes de plomb, manganèse, cobalt, etc., dont il va être question. Des minerais cuivreux d'une certaine importance ont été longtemps exploités près d'*Ambatofangehana;* ils sont aujourd'hui abandonnés ; c'étaient surtout des minerais d'affleurement oxydés et carbonatés, avec galène connexe. La distance de 400 kil. à franchir jusqu'à la côte et l'absence de combustibles (tous les bois ayant été déjà brûlés aux environs) empêche de songer à une exploitation en grand. Les

minerais de *Vato-Mania*, recueillis par M. Villiaume, doivent se trouver au milieu de calcaires marmoréens, faisant partie d'un bassin silurien intercalé dans les schistes métamorphiques et micaschistes entre la Vato et la Mania[1]. Les échantillons de l'École des mines sont surtout des minerais oxydés et carbonatés, mais dérivant très visiblement de pyrites, qui apparaissent, sur certains blocs, avec de l'oxyde de fer.

D'autres gîtes de cuivre, tout au moins curieux par leur mode de formation, ont été signalés récemment, aux environs du village de Tomohevitra, dans des mamelons peu élevés, à 800 mètres environ à l'Est de la rive droite du Bekiady, près du lac *Kinkony* (S.-O. de Majunga).

Il existe là un basalte altéré et zéolitisé, contenant de magnifiques zéolites en grands cristaux (gmélinite, analcime, mésotype, heulandite, etc.), avec des masses d'opale cuprifère et de crysocole verte englobant du cuivre natif et de la cuprite.

Un rapprochement théorique, qui vient immédiatement à l'esprit à propos de ces cuivres natifs avec zéolites inclus dans une roche basique, est celui des grands gisements de cuivre natif du Lac Supérieur, aux États-Unis, également inclus, en partie, dans des roches basiques altérées, avec druses de zéolite et de calcite. Néanmoins, comme ces basaltes sont d'âge tertiaire, l'analogie s'arrête là, les gisements du Lac Supérieur étant infiniment plus anciens (précambriens). C'est le seul exemple net de gîte métallifère en relation avec les accidents tertiaires de Madagascar.

M. Lacroix mentionne également des blocs de cuivre natif, qui lu ont été présentés comme venant d'*Ambohimarina*, au sud de Diego Suarez, mais qui doivent venir en réalité de plus au Sud.

Enfin M, Gautier, dans la région ouest du Mahilaka et du Ménabé, cite le cuivre du Mahavavy.

Plomb. — Il existe du plomb à proximité immédiate du gîte cuivreux d'*Ambatofangehana* et dans la vallée de la *Vato*. M. Villiaume a trouvé de beaux filons de galène, avec, au voisinage, des filons de bioxyde de manganèse cobaltifère.

Etain. — Des filons stannifères, dont l'existence n'est pas bien certaine, ont été signalés dans la même région d'*Ambatofangehana*, où nous venons de mentionner des gisements de cuivre et de plomb et qui, d'une façon générale, paraît intéressante comme ressources minérales (ardoises, asbeste, etc.).

[1] Voir la coupe transversale de Madagascar passant par Ambositra, publiée par M. Douvillé (Bull. Soc. Géol., 3e sér. t. XXVII, p. 385, 1899).

Mercure. — On a annoncé, en 1898, avoir trouvé du mercure à *Maintirano*.

Soufre.—On exploite un peu de soufre de solfatares, près d'*Antsirabé* et dans le nord-est d'*Ankaratra*, au milieu de régions volcaniques.

Combustibles. — On a cherché, avec plus d'espoir que de succès, des combustibles à Madagascar. Etant donné la constitution de l'île et le rapprochement fait plus haut entre son allure géologique et celle du Plateau Central, il n'y aurait rien d'impossible à ce qu'il existât, dans les terrains cristallins, des lambeaux carbonifères, plus ou moins étendus, renfermant de la houille. Mais la même hypothèse peut être faite pour tout le continent africain, et, en somme, à l'exception de la région du Zambèze, elle ne s'est jamais réalisée. Les charbons d'Afrique sont, nous l'avons vu, en presque totalité, intercalés dans les formations du Karoo. Ceux que l'on a trouvés en petite quantité à Madagascar, paraissent du même ordre et même plus récents, c'est-à-dire liasiques.

La seule découverte bien certaine, qui date déjà de 1864, est celle de bancs ligniteux dans la baie d'*Ampasindava*, en face de *Nosy-Bé*.

Les couches charbonneuses, appartenant au lias, contiennent des fougères, des prêles, des cycadées, des conifères, avec trois espèces d'ammonites du Lias Supérieur, déterminées par MM. Douvillé et Zeiller [1]. Elles sont recouvertes par des calcaires avec Spiriferina.

M. Villiaume, qui explore ces gisements de Nosy-Bé, a également signalé un peu de lignite à l'ouest de l'île, dans le bassin du Sakeny (province de Ménabé).

Bitume. — Il existe, d'après Gautier, diverses sources de bitume dans l'ouest de l'île, dans le *Mahilaka*, dans le voisinage d'*Ankavandra*, près de *Morafenobé*, etc.

Cristal de roche et pierres précieuses diverses (améthyste, zircon, saphir, tourmaline, émeraude, grenat, etc. [2]. — Madagascar se présente dans des conditions favorables pour renfermer cette catégorie de minéraux durs et transparents qu'utilise la joaillerie (cristaux de roche, améthystes, saphirs, émeraudes, etc.). On y trouve, en effet, sur de vastes étendues, des schistes métamorphiques, traversés par d'innombrables filons de granulite et pegmatite : conditions de gisement, où se rencontre fréquemment ce genre de minéraux, par exemple dans l'Oural et qui sont également celles d'où paraissent provenir les diamants de l'Inde.

[1] C. R. Ac. Sciences. 5 juin 1900. — Cf. Bureau. *ibid.*, 5 févr. 1901.

[2] Voir Lacroix. *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. I, p. 73, 102, 253, 453 ; t. II, p. 21 ; t. III, p. 55, 59, 87, 137, 141, 157, 242 à 247. 324.

Généralement, ce n'est pas en place, dans les roches primitives dont ils dérivent, qu'on recueille ces minéraux précieux ; ils y seraient, en effet, trop rares, trop disséminés, souvent même trop difficiles à extraire. On préfère exploiter les alluvions des rivières, où une préparation mécanique naturelle a déjà opéré un premier travail de concentration gratuit, en rassemblant ces minéraux durs, résistants à l'usure, tandis que leur gangue, effritée, émiettée, disparaissait peu à peu, entraînée par le courant.

Ce sont là les conditions de gisement de la plupart des minéraux que nous allons passer en revue, sauf un petit nombre provenant des géodes de roches éruptives basiques (améthyste, agate, etc.).

Madagascar exporte, depuis le milieu du XVIII[e] siècle, de beaux blocs de **quartz hyalin** ou **cristal de roche**, pesant jusqu'à plusieurs centaines de kilogrammes. Flacourt, dans son *Histoire de Madagascar* (1658), indique que, de son temps, le quartz était recueilli sur le bord des rivières se jetant en face de l'île Sainte-Marie (rivières Soamianina, Marimbo, Manantsatrana et Maningory). Actuellement, d'après M. Lacroix, les blocs se trouvent à l'état roulé dans les alluvions de diverses rivières aboutissant au N.-E. et à l'E. de l'île, surtout dans les vallées descendant à la côte entre Vohémar et Mahanoro, et, plus au Sud, dans celles de la Mahasora et de ses affluents (notamment la Tandranora).

C'est à *Vohémar* que les bateaux de Nosy-Bé venaient autrefois prendre les chargements de quartz : d'où la provenance de Vohémar, généralement indiquée pour les cristaux, que l'on rencontre dans le commerce de l'optique.

M. Lacroix signale comme gisements : *Boina*, Mont Vohijavona (avec tourmaline), près le fort de Mandritsara ; *Imerina*, Amboasary, Mont Hiaranandriana ; *Betsileo*, N.-E. de Fianarantsoa, district d'Ambositra ; *Tanala*, lit du Manandriana, près Ambohimanga Atsimo.

Ces cristaux de quartz, dont on ne connaît pas le gisement primitif, proviennent très probablement de filons pegmatoïdes, comme il en existe aux environs même de Tananarive, car beaucoup d'entre eux contiennent de longues aiguilles de tourmaline et des lames de muscovite.

Certains renferment des multitudes d'inclusions de rutile, connues sous le nom de cheveux de Vénus, pouvant atteindre 10 centimètres de long. On rencontre, dans le pays des Baras, au mont Vohitseranana, des quartz qui offrent des cavités renfermant plusieurs centimètres cubes d'un liquide mobile. Enfin, un quartz laiteux opalescent existe à Betafo, en même temps que l'orthose pierre de lune, la tourmaline rouge et bleue, le béryl, etc.

L'**améthyste** est abondante à Madagascar, dans les cavités de cer-

taines roches volcaniques basiques, en particulier de basaltes. Elle constitue des cristaux de quelques centimètres, parfois d'un beau violet rappelant la couleur de l'améthyste de l'Oural, mais, pour la plupart, peu limpides.

Ces basaltes renferment également de belles géodes de **calcédoine**, souvent intérieurement tapissées de cristaux de quartz. M. Lacroix cite, notamment, les anhydres d'Atongondrahoja, à environ 180 kilomètres N.-N.-O. de Tananarive, les onyx, la calcédoine verte et les jaspes de couleur variée de la presqu'île de Radama. On trouve aussi de la calcédoine en concrétions stalactitiformes dans les cavités des calcaires jurassiques.

Dans le même ordre d'idées, on peut citer l'existence à Madagascar de **bois silicifiés**, comparables, pour leurs dimensions à ceux de l'Arizona. On en trouve dans les grès triasiques d'Ambalarano, sur la rive gauche du Manambaho (Ambongo), qui atteignent 20 mètres de longueur sur 1 m. 50 de diamètre.

Le **zircon** rouge translucide, accompagné de corindon bleu, grenat, cimophane, tourmaline, se rencontre dans les lavages aurifères des environs de Mevatanana (Suberbieville, Belambo). Il provient, sans doute, de la destruction de schistes granulitiques.

Le **corindon**, signalé dans ces lavages d'or, se retrouve aussi dans ceux d'Ambositra et de Betafo. La plupart ont une couleur bleue très foncée, donnant à la taille des saphirs presque noirs. Plus rarement, on en trouve de roses ou de verdâtres.

Il existe du **disthène** dans la province d'Ivongo (Est de l'île, en face l'île Sainte-Marie) et dans la province d'Imerina.

Les **tourmalines** de couleurs très variées, sont exportées, depuis longtemps, de Madagascar. Elles proviennent sans doute des nombreux filons de granulite, traversant les schistes cristallins qui constituent la province centrale de Madagascar. Certaines d'entre elles, de couleur claire et transparente sous une grande épaisseur, constituent de véritables pierres fines, comparables à celles de Ceylan et du Brésil.

Les **grenats** sont abondants dans les schistes cristallins et les granulites de la province d'*Imerina*, en particulier aux environs et dans la ville même d'Antananarivo.

Dans la même région, il existe du **pyroxène** diopside, en belles masses blanches saccharoïdes.

Du **béryl** rose, constituant une véritable pierre précieuse, a été trouvé sur la côte Est, à *Farafatrana*, avec tourmaline, quartz, triphane. Du béryl algue-marine bleuâtre transparent se rencontre dans les rivières descendant du massif d'*Ankaratra*, sur la côte Ouest.

Le **talc**, parfois en grands blocs fibreux, se trouve dans les cipolins intercalés au milieu des gneiss de Madagascar (Tananarive, etc.).

Du **spath** d'Islande se rencontre à *Ambatofinandrahana*. L'École des mines en possède un bel échantillon envoyé par M. Villiaume.

8° ABYSSINIE ET SOUDAN ÉGYPTIEN [1]

En *Abyssinie* et dans le *Soudan Egyptien*, il existe, de divers côtés, des gisements qui produisent un peu d'or : gisements encore trop mal connus pour qu'on puisse essayer d'en donner la théorie, mais qui pourraient peut-être, étant donné leur situation, se rattacher aux grands accidents tertiaires éruptifs ou aux fractures d'effondrement, par lesquelles ceux-ci ont été précédés. On cite surtout ceux qui se trouvent au confluent du *Dabous* et de la *Didessa*, sur le 10° parallèle et qui se composent, dit-on, de quartz aurifères, ceux du *Harrar*, ceux de *Fazogl* dans la haute vallée du Nil Bleu et enfin ceux de *Takla* (12° N.-32° E), dans le Kordofan. Nous avons mentionné également l'existence de quelques médiocres combustibles dans le nord du pays et celle de gisements salins.

9° ÉGYPTE ET SINAÏ

(*Or, plomb, cuivre, phosphates, natron, marbre, albâtre, émeraudes, turquoises.*)

J'ai déjà, dans les chapitres précédents, signalé les principales richesses minérales de l'Égypte, telles que l'or, le plomb, le platine (hypothétique), le phosphate, le natron, le pétrole, les émeraudes, les turquoises, etc. [2].

D'une façon générale, la région métallifère et même, plus généralement, la région minéralisée de l'Égypte est celle des collines de la mer Rouge et de leur prolongement vers le Sud, entre le Nil et la mer Rouge. D'après ce que l'on sait sur la constitution géologique de ces régions, il y a lieu d'y prévoir deux catégories de gisements : d'une part, des gites anciens en relation avec un massif primaire, qui apparaît là constitué de terrains cristallins, gneiss, schistes métamorphiques avec granites, diorites, etc.; de l'autre, des gîtes tertiaires, se rattachant aux grandes dislocations récentes, par lesquelles le pays a été sillonné. Le fait que beaucoup de ces gîtes, notamment les mines d'or, décrites précédemment au nord de *Kosseir* et à *Bérénice*, les mines de plomb de *Safaga* près de Kosseir, se trouvent sur le bord de la mer Rouge, pourrait sembler un indice de leur lien avec les dislocations tertiaires qui ont produit cette mer, si l'on ne savait, par contre, que les filons d'Um-Rus, au Nord de Kosseir, sont des quartz pyriteux,

[1] Voir, plus haut, pages 113, 256, 275.

[2] Pages, 114, 153, 163, 234, 250, 278, 283, 284.

dérivant de pegmatites anciennes; mais, en tout cas, les gîtes de cuivre du *Sinaï*, exploités surtout comme mines de turquoises, sont encaissés dans les grès de Nubie (probablement crétacés inférieurs) : ce qui leur assigne un âge relativement récent.

Il y a lieu d'insister en passant, sur ces quartz de **pegmatites aurifères** qu'on rencontre là à *Um-Rus*. On en a décrit de semblables sur la Côte d'Ivoire et, avec chalcopyrite aurifère, en Namaqualand. A Madagascar également, M. Lacroix a admis que de la silice aurifère, dérivant de pegmatites, avait directement agi sur des terrains schisteux pour les métamorphiser en gneiss. Nous voyons donc là une série de pegmatites aurifères, qui ne renferment pas nécessairement de la pyrite et où l'or a pu cristalliser en profondeur avec la silice, par réaction fluorée, dans des conditions de pression analogues à celles que l'on admet pour la cassitérite. Il peut, d'ailleurs, exister, tous les passages de ces quartz simplement aurifères aux quartz pyriteux avec or, dans lesquels la pyrite arrive parfois à dominer; car nombre de venues sulfurées semblent pouvoir dériver, beaucoup plus directement qu'on ne le croit en général, de magmas granitiques ou granulitiques.

Les gisements de **plomb** antiques de la région de *Safaga* formaient des imprégnations dans un calcaire cristallin, dont l'âge ne m'est pas connu.

Quant au **cuivre** du *Sinaï*, il en a été question précédemmment à l'occasion des turquoises [1].

On a vu alors que les gisements se composaient surtout de veines cuivreuses et manganésifères, encaissées dans les grès nubiens, où elles ont subi un métamorphisme, qui a développé, suivant des multitudes de fissures, des incrustations de cuivre et de manganèse oxydés, avec des turquoises, dues peut-être à des traces de phosphates ayant existé dans ces grès.

Enfin, nous avons vu que, d'après une découverte archéologique, l'un des champs d'alluvions aurifères d'Égypte avait dû renfermer un peu de **platine**.

Parmi les autres gîtes minéraux égyptiens, les fameuses **émeraudes** du *Djebél Sabara*, à 120 kil. Sud des mines d'or d'Um-Rus, paraissent en relation avec des venues granulitiques dans des micaschistes, comme celles de l'Oural. Les **albâtres** de l'*Ouady Gerraoui*, non loin de Memphis et d'*Hatnobou*, près d'Hermopolis, sont des fissures d'incrustation secondaires dans un calcaire grenu. Les **phosphates**, généralement pauvres, que l'on a signalés à l'Est de la vallée du Nil, entre Keneh et Kosseir, à Hammama et à Markh, forment des bancs dans le crétacé supérieur.

[1] Page 284.

INDEX GÉOGRAPHIQUE

B

C

N

O

P

Q

R

T

U

TABLE DES FIGURES ET CARTES GÉOGRAPHIQUES

ERRATA

Page 41. — Note 1. Lire : 15 janv. 1902, p. 67.
Pages 91, 160 et 357. — Lire : Laatste-drift.
Page 109. — Note 1. Ajouter : *Z. f. pr. Geol*, mars 1902, p. 109.
Page 113. — Lire : Addis Abeba.
Page 141. — Lire : Tenès, pour Tenez.
Page 147. — Lire : Fedj-el-Adoum.
Page 159. — Lire : Darkton.
Page 170. — Lire : M'teurba pour M'teura.
Page 175. — Lire : I da-oo-Itilt.
Pages 190 et 223, — Lire : Kanguet.
Pages 208 et 225. — Lire : Crookston.
Page 220. — Lire : Bordj-Redir.
Pages 258 et 275. — Lire : Nosy-Bé.
Page 292. — Lire : lac Tchad.
Page 332. — Lire : Ouled-bou-Kebbab.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

GISEMENTS D'OR AFRICAINS

CHAPITRE II

LE CUIVRE EN AFRIQUE

CHAPITRE III

MÉTAUX DIVERS

CHAPITRE IV

LES MINERAIS DE FER AFRICAINS

CHAPITRE V

CHAPITRE VI

CHAPITRE VII

CHAPITRE VIII

CHAPITRE IX

SOURCES THERMALES D'AFRIQUE

CHAPITRE X

GISEMENTS MÉTALLIFÈRES DIVERS (CUIVRE, PLOMB, ZINC, FER, PYRITE DE FER, MISPICKEL, ANTIMOINE, MERCURE, ETC.) DE LA ZONE MÉDITERRANÉENNE : MAROC, ALGÉRIE, TUNISIE.

CHAPITRE XI

RICHESSES MINÉRALES DU SOUDAN, DE LA CÔTE D'OR, DU CONGO, DES PROTECTORATS ALLEMANDS, DE LA COLONIE DU CAP, DU TRANSVAAL, DE LA RHODESIA, DE MADAGASCAR, DE L'ABYSSINIE, DE L'ÉGYPTE.

CATALOGUE DE LIVRES
SUR LA
MINÉRALOGIE ET LA GÉOLOGIE

Le catalogue complet est envoyé franco sur demande.

Traité de minéralogie.

Traité de minéralogie. *Cristallographie.* Étude générale des formes cristallines. Etude des systèmes cristallins. *Minéralogie physique*, propriétés physiques, optiques, thermiques, électriques et magnétiques des minéraux. *Minéralogie spécifique.* Détermination, classification et détermination des espèces; à l'usage des candidats à la licence ès-sciences physiques et des candidats à l'agrégation des sciences naturelles, par WALLERANT, professeur à la Faculté des sciences de Rennes. 1 volume grand in-8° avec 341 figures dans le texte . . . . 12 fr. 50

Minéralogie appliquée.

Traité de minéralogie appliquée aux arts, à l'industrie, au commerce et à l'agriculture, par JAGNAUX. 1 volume in-8° avec 468 figures dans le texte. 20 fr.

Manuel de minéralogie.

Manuel de minéralogie pratique par C. MALAISE, ex-répétiteur de minéralogie et de géologie à l'Ecole des mines de Liège. 3e édition, 1 volume in-12 avec de nombreuses figures dans le texte . . . . 5 fr.

Pétrographie.

Etudes de pétrographie. Introduction à l'étude microscopique des Roches. Roches plutoniennes, roches hypabyssales, roches volcaniques, roches sédimentaires. Métamorphisme, par A. HARKER, professeur de géologie à l'Université de Cambridge, traduit par O. CHEMIN. 1 volume in-12 contenant 75 figures dans le texte. Relié . . . . 12 fr. 50

Minéraux des roches.

Les minéraux des roches. 1° Application des méthodes minéralogiques et chimiques à leur étude microscopique, par A. MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines. 2° Données physiques et optiques, par A. MICHEL LÉVY et LACROIX. 1 volume grand in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte et une planche en couleur (*Tableau des biréfringences*) . . . . 12 fr. 50

Le Tableau des biréfringences seul. . . . . 1 fr. 50

Tableaux des minéraux des roches.

Tableaux des minéraux des roches. Résumé de leurs propriétés optiques, cristallographiques et chimiques, par MICHEL LÉVY et LACROIX. 1 volume in-4, relié. . . . . 6 fr.

Roches éruptives.

Structures et classification des roches éruptives, par A. MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines. 1 volume grand in-8° . . . . 5 fr.

Détermination des feldspaths.

Étude sur la détermination des feldspaths dans les plaques minces, au point de vue de la classification des roches, par A. MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines. 2 volumes grand in-8°, avec 13 figures dans le texte et 23 planches en couleur. . . . . 15 fr.

Enclaves des roches volcaniques.

Les enclaves des roches volcaniques, par A. Lacroix, professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle. 1 volume grand in-8°, avec 8 planches en couleur . . . . 40 fr.

Minéralogie de la France.

Minéralogie de la France et de ses colonies. Description physique et chimique des minéraux, étude des conditions géologiques de leurs gisements, par A. Lacroix. Professeur de Minéralogie au Muséum d'Histoire naturelle.
Tome Ier. 1 volume gr. in-8°, avec figures dans le texte . . . . . . 30 fr.
Tome II. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 30 fr.
Tome III. 1re partie, 1 vol. grand in-8°. avec figures . . . . 15 fr.
Le second fascicule du Tome III paraîtra vers le milieu de 1903.
Le Tome IV et dernier paraîtra peu après.

Analyse spectrale des minéraux.

Analyse spectrale directe des minéraux, par A. de Gramont. 1 volume in-8°, avec 2 planches . . . . 7 fr. 50

Méthodes de synthèse en minéralogie.

Les méthodes de synthèse en minéralogie. Les productions spontanées des minéraux contemporains. — Les synthèses accidentelles. — Les synthèses rationnelles : les méthodes de la voie sèche ; les méthodes de la voie mixte ; les méthodes de la voie humide. Cours professé au Muséum d'histoire naturelle, par Stanislas Meunier. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . . 12 fr. 50

Traité des gîtes minéraux et métallifères.

Traité des gîtes minéraux et métallifères. Recherche, étude et conditions d'exploitation des minéraux utiles. Description des principales mines connues. Usages et statistique des métaux. Cours de géologie appliquée de l'Ecole supérieure des mines, par Ed. Fuchs, ingénieur en chef des mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines, et De Launay, ingénieur des mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines. 2 volumes grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte et 2 cartes en couleur. Relié . . . . 60 fr.

Etude industrielle des gîtes métallifères.

Etude industrielle des gîtes métallifères. — Classification des gîtes ; formation des fractures et cavités ; remplissage des gîtes ; gîtes sédimentaires ; les minerais ; gîtes caractéristiques ; études minières ; traitement des minerais ; étude économique d'un gîte, par G. Moreau, ingénieur des mines. 1 volume grand in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte, relié . . . . . 20 fr.

Cours de Géologie.

Cours de géologie. Phénomènes actuels. Phénomènes d'origine interne. Phénomènes d'origine externe. Constitution générale de l'écorce du globe. Formation de l'écorce du globe, roches ignées, roches sédimentaires. Filons, métamorphisme, mouvements anciens de l'écorce terrestre, notions sur les fossiles. Stratigraphie. Classification des formes géologiques. Ère azoïque, *Ere primaire*, périodes cambrienne, silurienne, dévonienne, carbonifère. *Ere secondaire*, périodes triasique, jurassique ; sous-périodes liasique, médiojurassique, suprajurassique, période crétacée. *Ere tertiaire*, périodes éocène, oligocène, miocène, pliocène. *Ere quaternaire*, périodes diluvienne et actuelle ; par E. Nivoit, inspecteur général des mines, membre de la Société nationale d'Agriculture de France, professeur à l'Ecole nationale des ponts et chaussées, 1 volume de 620 pages, grand in-8°, avec 431 figures . . . . 20 fr.

Géologie de la France.

Géologie de la France, par Burat, ingénieur, professeur à l'Ecole centrale des arts et manufactures. 1 volume grand in-8°, avec de nombreuses figures intercalées dans le texte. . . . . 16 fr.

Bulletin de la Société de minéralogie. *

Bulletin de la Société française de minéralogie, publication mensuelle paraissant depuis 1878.
Prix de l'abonnement. . . . . 20 fr.

Prix des années parues : 1878 à 1895 (tomes I à XVIII), 15 fr. chaque ; 1896 à 1900 (tomes XIX à XXIV), 20 fr. chaque.
Prix de la table décennale (tomes I à X) . . . . 3 fr. 50
— — — (tomes XI à XX) . . . . 3 fr. 50

Géologie de la Bohême.

Géologie de la Bohême, par J. de Morgan. 1 volume in-8°, avec 39 figures dans le texte, 7 planches tirées hors texte et 4 cartes géologiques en couleur, cartonné . . . . 20 fr.

Géologie des Indes anglaises.

Géologie des Indes anglaises (stratigraphie et tectonique) d'après la nouvelle édition de *A Manual of the geology of India* de *Oldham*, par G. Ramond, assistant de géologie au Muséum d'histoire naturelle de Paris. 1 brochure gr. in-8°. 3 fr.

Géologie de la province de Turin.

Geologia della provincia di Torino. I Descrizione topografica. II. Descrizione geologica. III Geologia economica, par le Dr Martino Baretti. 1 volume grand in-8° *en langue italienne*, et un atlas de 15 planches de cartes et de profils. 25 fr.

Carte minière de la France.

Carte minière de la France à l'échelle du 1/1,250,000, par A. Caillaux, imprimée en 18 couleurs. Prix : en feuille, 20 fr. ; collée sur toile et pliée . . . 25 fr.

Richesse minérale de la France.

La richesse minérale de la France, par Simonin. 1 volume in-8°. . 2 fr. 50

Les Carrières sous Paris.

Topographie et consolidation des carrières sous Paris, avec une description géologique et hydrologique du sol, par Dunkel, garde-mines principal, chef de bureau de l'inspection générale des carrières de la Seine. 1 volume in-4°, avec 4 plans cotés, imprimés en couleur. . . . . 10 fr.

Géologie du département du Rhône.

Notice géologique sur le département du Rhône, par Louis Masson, ingénieur civil des mines et Félix Benoit, contrôleur des mines. 1 volume in-12, avec une carte en couleur, relié . . . . 2 fr.

Géologie des environs de Vichy.

Recherches géologiques sur les environs de Vichy (Allier), par Gustave F. Dollfus. Collaborateur à la carte géologique de la France. 1 volume grand in-8°, avec cinq planches. . . . . 3 fr. 50

Géologie des environs de Marseille.

Esquisse géologique des environs de Marseille, par E. Fournier. 1 volume grand in-8° accompagné de 21 planches de coupes classées par massifs. 3 fr. 50

Profil géologique du chemin de fer de Mantes à Argenteuil.

Profil géologique du chemin de fer de Mantes à Argenteuil, par G. Ramond et G. Dollfus. 1 brochure grand in-8° avec une planche. . . . . 2 fr.

Géologie de l'aqueduc de Clichy-Achères.

Etude de géologie sur le bassin de Paris, par G. Ramond. 1° Note sommaire sur l'aqueduc-égout de Clichy-Achères, 1 brochure grand in-8°, avec une carte en couleurs . . . . 1 fr.
2° Aqueduc-égout d'Achères et prolongements, terrains d'épandages, 1 brochure in-8° avec profil et 1 carte coloriée . . . . 1 fr.

Géologie de l'aqueduc de l'Avre.

Etude géologique de l'aqueduc de l'Avre. Dérivation des sources de la Vigne et de Verneuil, par G. Ramond. 5 broch. in-8° avec 2 cartes de profils et coupes coloriées (publiée d'après une décision de feu Humblot, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur du Service des eaux de la ville de Paris). 10 fr.
Géologie de l'aqueduc de l'Avre ; dérivation vers Paris des sources de la Vigne et de Verneuil, par G. Ramond. 1 broch. grand in-8°. (Résumé) . . . 0 fr. 50

Minéralogie du département du Puy-de-Dôme.

Minéralogie du département du Puy-de-Dôme, par F. Gonnard, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-12. . . . . 6 fr.

Rochers volcaniques de l'Auvergne.

Études pétrographiques sur les roches volcaniques de l'Auvergne, suivies d'une note sur les roches désignées sous le nom d'Hémithrène, et sur quelques autres du plateau gneisso-granitique du département du Puy-de-Dôme par le Dr A. von Lassaulx, traduites par F. Gonnard, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-8°, avec 2 planches. . . . . 6 fr.

Profil géologique de deux tunnels (ligne de Neuchâtel-Chaux-de-Fonds).

Profil en long technique et géologique de deux tunnels du chemin de fer par le Jura industriel, ligne de Neuchâtel-Chaux-de-Fonds (Suisse), par Ladame et Gressly. . . . . 5 fr.

Géologie de l'Aqueduc du Loing et du Lunain.

Étude géologique de l'aqueduc du Loing et du Lunain, par G. Ramond, assistant de géologie au Muséum d'histoire naturelle. 1 brochure in-8. . . . 1 fr.

Massif Pyrénéen de la Haute Ariège.

Essai d'études sur le Massif Pyrénéen de la Haute Ariège, par Paul Seignette. 1 volume in-4 avec 9 planches . . . . 12 fr.

Plissements et dislocations de l'écorce terrestre en Grèce.

Plissements et dislocations de l'écorce terrestre en Grèce. Leurs rapports avec les phénomènes glaciaires et les effondrements dans l'Océan Atlantique, par Ph. Négris, ancien élève des Ecoles polytechnique et des mines de Paris. 1 volume in-8° contenant 2 planches hors texte. . . . . 8 fr.

Provinces de Burgos, d'Alava et de Logrono.

Recherches géologiques sur la région orientale de la province de Burgos et sur quelques points des provinces d'Alava et de Logrono, par Larrazet, professeur à l'École normale d'Alger. 1 volume grand in-8°, avec 3 planches. 20 fr.

Bilbao Sommorostro.

Exploration géologique de la région ferrifère de Bilbao-Sommorostro (Espagne), par Czyskowski. 1 volume grand in-8°, avec 2 cartes géologiques. 5 fr.

Canigou.

Exploration géologique de la région ferrifère du Canigou (Pyrénées-Orientales), par Czyskowsky. 1 volume grand in-8°, avec 1 carte géologique. 5 fr.

Diamants du Cap.

Les diamants du Cap. Historique, organisation financière et commerciale, géologie, mode d'exploitation et de traitement, comparaison avec les gisements du Brésil, de l'Inde, de Bornéo et d'Australie, par L. de Launay, ingénieur au corps des mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines. 1 volume grand in-8°, avec 49 figures dans le texte, relié. . . . . 10 fr.

Mines d'or du Transvaal.

Les mines d'or du Transvaal. Étude géographique et historique, organisation des sociétés minières, étude géologique, exploitation des gisements, traitement des minerais, résultats économiques, par L. de Launay, ingénieur au corps des mines, professeur à l'École supérieure des mines. 1 volume grand in-8°, avec 81 figures dans le texte et 11 planches, relié . . . . 15 fr.

Or et diamant au Transvaal et au Cap.

L'or et le diamant au Transvaal et au Cap, par Jules Garnier, ingénieur des mines, avec le concours de Pascal Garnier, explorateur au Transvaal. 1 brochure grand in-8°, avec 15 figures dans le texte et 1 planche . 2 fr. 50

Venue aurifère de l'Afrique du Sud.

La venue aurifère de l'Afrique du Sud et considérations sur les thalwegs et niveaux métallifères, par S. Czyszkowski, ingénieur civil des mines. 1 brochure grand in-8° . . . . 2 fr.

Venues métallifères de l'Oural.

Les venues métallifères de l'Oural, par S. Czyskowsky, ingénieur civil des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 10 planches . . . . 5 fr.

Venues métallifères de l'Espagne.

Les venues métallifères de l'Espagne, Portugal, Pyrénées, Corbières, Montagne-Noire, Maures, Corse, Sardaigne, par S. Czyskowski, ingénieur civil des mines. 1 volume grand in-8°, avec 17 planches, relié. . . . . 20 fr.

Filons d'or de la Guyane française.

Les filons d'or de la Guyane française. — Formation géologique. — Travaux de recherche. — Conséquence de l'exploitation filonienne, par L. Fernand Viala, ingénieur civil des mines, ancien élève de l'Ecole polytechnique. 1 volume in-8°. . . . . 5 fr.

Gites aurifères de la Sibérie.

Etude géologique des gites aurifères de la Sibérie, par Antonin Foniakoff 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50

Or et mines de la Nouvelle-Zélande.

L'or et les mines de la Nouvelle-Zélande, par Pascal Garnier, avec le concours de Jules Garnier. 1 brochure grand in-8°, avec une carte . . . 1 fr. 50

Mines de la Nouvelle-Calédonie.

Les Mines de la Nouvelle-Calédonie. Esquisse géologique de la colonie. Mines de charbon, par Louis Pelatan, ingénieur civil des mines, ancien directeur de la Société « le Nickel ». 1 volume grand in-8°, avec une carte géologique . . 4 fr.

Mines de l'Australie occidentale.

L'Australie occidentale, terres australiennes, géologie, formations aurifères, extraction de l'or en Australie, par Jules Garnier et Pascal Garnier. 1 volume in-8° avec figures dans le texte et 1 planche . . . . 3 fr.

Mines de nickel, cuivre et platine.

Mines de nickel, cuivre et platine du district du Sudbury (Canada), comprenant une carte et des détails sur la métallurgie des minerais de nickel, par Jules Garnier. 1 brochure in-8° . . . . 2 fr. 50

Gisements de cobalt, de chrome et de fer,

Mémoire sur les gisements de cobalt, de chrome et de fer à la Nouvelle-Calédonie. Leur emploi industriel, par Jules Garnier. 1 brochure grand in-8° avec 1 carte . . . . 2 fr.

Stratigraphie souterraine.

Étude sur la stratigraphie souterraine de la partie Nord-Ouest de la province de Liège, par R. Malherbe. 1 brochure grand in-8° avec 2 planches. . . . . 2 fr. 50

Paléogéographie.

Essai de paléogéographie. Restauration des mers anciennes en France et dans les pays voisins, par F. Canu. 1 volume grand in-8° et atlas in-4 de 57 planches . . . . 10 fr.

Mont Blanc.

Le massif du Mont Blanc, étude sur sa constitution géodésique et géologique, sur ses transformations et sur l'état ancien et moderne de ses glaciers, par Viollet-le-Duc. 1 volume in-8°, avec 112 figures dans le texte . . . . 10 fr.

Carte du Mont Blanc.

Carte du massif du Mont Blanc, dressée au 1/40,000e, par E. VIOLLET-LE-DUC. 4 feuilles imprimées en 12 couleurs . . . . 10 fr.
Collée sur toile et en étui . . . . 17 fr.
Collée sur toile, montée sur rouleaux et vernie . . . . 20 fr.

Tremblements de terre.

Étude sur les tremblements de terre ; séismes et volcans, par L. de LONGRAIRE, ingénieur civil. 1 brochure grand in-8°. . . . . 2 fr. 50

Recherche des eaux souterraines.

Sur la recherche des eaux souterraines. Stratigraphie appliquée aux recherches hydrologiques. Genèse, régime et action des eaux souterraines. Terrains perméables, terrains imperméables. Recherche et captage des sources. Eaux artésiennes. Construction des puits. Loi de 1898 sur le régime des eaux, par P. F. CHALON, 1 volume in-18 avec 25 figures dans le texte. Relié . . . 4 fr.

Captage des sources thermo-minérales.

Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minérales. Origine, géologie, propriétés physiques et chimiques. Cours professé à l'Ecole supérieure des mines, par L. DE LAUNAY, professeur à l'Ecole supérieure des mines, ingénieur au corps des mines. 1 volume grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte, relié. . . . . 25 fr.

Eaux minérales de la France.

Les eaux minérales de la France. Études chimiques et géologiques entreprises conformément au vœu émis par l'Académie de médecine, sous les auspices du Comité consultatif d'hygiène publique de France, par E. JACQUOT, inspecteur général des mines, membre du Comité d'hygiène, et WILLM, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Lille. 1 volume grand in-8°, avec 22 figures dans le texte et une carte . . . . 20 fr.

Sources.

L'art de découvrir les sources, par l'abbé PARAMELLE. 1 volume in-8°, 4e édition revue, corrigée et augmentée . . . . 6 fr. 50

Paléontologie.

Principes élémentaires de paléontologie, par ALPHONSE BRIART, ingénieur. 1 volume in-12, avec figures dans le texte. . . . . 6 fr.

Fossiles caractéristiques.

Choix de fossiles caractéristiques des dépôts sédimentaires, à l'usage des étudiants en géologie et des ingénieurs des mines, par JULES FRAIPONT, professeur à la Faculté des sciences et à l'Ecole des mines de Liège. 2e édit. 1 volume in-12, avec 44 planches en phototypie représentant 350 espèces, relié. 7 fr.

Echinides fossiles.

Description des échinides fossiles recueillis en 1885 et 1886 dans la région des hauts plateaux de la Tunisie par Philippe Thomas, par VICTOR GAUTHIER. 1 volume grand in-8° et 1 atlas in-4° de 6 planches . . . . 15 fr.

Spirifer Verneuili.

Etude sur les variations du Spirifer Verneuili, par J. GOSSELET, professeur à la Faculté des sciences de Lille. 1 volume in-4°, avec 7 planches. . . . 7 fr

PUBLICATIONS DU SERVICE

DE LA

CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE

(Ministère des Travaux publics)

Carte géologique de la France au 80 millième. *

Carte géologique détaillée de la France à l'échelle du 80 millième publiée par le Ministère des Travaux publics, comprenant 207 feuilles de 94 centimètres sur 72 centimètres.

LISTE DES FEUILLES PARUES AU 1er JANVIER 1903.

Le signe *] indique les feuilles épuisées.

Nos
1 Calais.
2 Dunkerque.
3 Boulogne.
*4 Saint-Omer.
5 Lille.
*6 Montreuil.
*7 Arras.
8 Douai.
9 Maubeuge.
10 Saint-Valery.
11 Abbeville.
12 Amiens.
13 Cambrai.
14 Rocroi.
15 Givet.
16 Les Pieux.
17 Cherbourg.
18 Le Havre.
19 Yvetot.
*20 Neufchâtel.
*21 Montdidier.
22 Laon.
23 Rethel.
24 Mézières.
25 Longwy.
27 Barneville.
28 Saint-Lô.
29 Caen.
30 Lisieux.
31 Rouen.
32 Beauvais.
33 Soissons.
34 Reims.
35 Verdun.
36 Metz.
40-56 Plouguerneau-Ouessant.
43 Granville.
44 Coutances.
45 Falaise.
46 Bernay.
*47 Evreux.
48 Paris.
49 Meaux.
50 Châlons-sur-Marne.
51 Bar-le-Duc.
52 Commercy.
53 Sarrebourg.
59 Saint-Brieuc.
60 Dinan.
61 Avranches.
62 Alençon.
63 Mortagne.
*64 Chartres.
65 Melun.
66 Provins.
67 Arcis.
68 Vassy.
69 Nancy.
70 Lunéville.
71 Strasbourg.
72 Quimper.
73 Châteaulin.
74 Pontivy.
75 Rennes.
77 Mayenne.
78 Nogent-le-Rotrou.
79 Châteaudun.
*80 Fontainebleau.
*81 Sens.
82 Troyes.
83 Chaumont.
84 Mirecourt.
85 Epinal.
86 Colmar.
87 Pont-l'Abbé.
88 Lorient.
89 Vannes.
90 Redon.
91 Château-Gontier.
93 Le Mans.
94 Beaugency.
95 Orléans.
96 Auxerre.
97 Tonnerre.
98 Châtillon.
99 Langres.
102 Belle-Ile.
103 Quiberon.
104 Saint-Nazaire.
105 Ancenis.
107 Tours.
108 Blois.
109 Gien.
110 Clamecy.
111 Avallon.
112 Dijon.
113 Gray.
114 Montbéliard.
115 Ferrette.
118 Cholet.
119 Saumur.
120 Loches.
121 Valençay.
122 Bourges.
123 Nevers.
124 Château-Chinon.
125 Beaune.
126 Besançon.
127 Ornans.
130 La Roche-sur-Yon.
131 Bressuire.
132 Châtellerault.
133 Châteauroux.
134 Issoudun.
135 Saint-Pierre.
136 Autun.
137 Chalon-sur-Saône.
138 Lons-le-Saunier.
139 Pontarlier.
140 Les Sables-d'Olonne.
141 Fontenay.
143 Poitiers.
144 Aigurande.
145 Montluçon.
146 Moulins.
147 Charolles.
148 Mâcon.
149 Saint-Claude.
150 Thonon.
151 Tour-de-Chassiron.
152 La Rochelle.
153 St-Jean-d'Angély.
154 Confolens.
157 Gannat.
158 Roanne.
159 Bourg.
160 Nantua.
160 *bis* Annecy.
160 *ter* Vallorcine.
163 Rochechouart.
164 Limoges.
*166 Clermont.
167 Montbrison.
168 Lyon.
169 *bis* Albertville.
169 *ter* Tignes.
170 Lesparre.
172 Périgueux.
173 Tulle.
174 Mauriac.
175 Brioude.
176 Monistrol.
177 Saint-Etienne.
178 Grenoble.
179 Saint-Jean-de-Maurienne.
179 *bis* Bonneval.

N°s	N°s	N°s	N°s
180 Bordeaux.	202 Contis-les-Bains.	215 Mont-de-Marsan.	228 Castelnau.
183 Brive.	203 Sore.	216 Montréal.	229 Auch.
184 Aurillac.	205 Agen.	217 Lectoure.	231 Castres.
185 Saint-Flour,	206 Cahors.	218 Montauban.	232 Bédarieux.
186 Le Puy.	210 Orange.	222 Avignon.	233 Montpellier.
187 Valence.	211 Le Buis.	223 Forcalquier.	234 Arles.
188 Vizille.	212 Digne.	224 Castellane.	235 Aix.
189 Briançon.	213 St-Martin-Vesubie.	225 Nice.	236 Draguignan.
190 Aiguilles.	213 *bis* Saorge.	225 *bis* Pont Saint-Louis.	237 Antibes.
191 Teste-de-Buch.	214 Vieux-Boucau.		247 Marseille.
197 Largentière.			248 Toulon.
199 Die.			

PRIX DE CHAQUE FEUILLE ACCOMPAGNÉE DE SA NOTICE EXPLICATIVE

En feuilles . . . . 6 fr.
Collée sur toile et pliée . . . . 10 fr.

Nota. — Les feuilles n°s 2, 5, 6, 15, 17, 40 et 56, 71, 86, 87, 88, 103, 139, 140, 160 *ter*. 166 *ter*, 179 *bis*, 247 qui sont moins chargées que les autres comptent comme demi-feuilles et coûtent : en feuilles, 3 francs ; collées sur toile, 7 francs. Les feuilles n°s 1, 10, 18, 43. 53, 102, 115, 151, 190, 202, 203, 213 *bis*, 214, 225 *bis* comptent comme quarts de feuille et coûtent : en feuilles, 1 fr. 50 ; collées sur toile . . . . 5 fr. 50

Ajouter 1 fr. 35 par envoi pour l'emballage et l'affranchissement des cartes en feuilles.

PUBLICATIONS ANNEXES

1° Tableaux de généralités : Titre, 2 francs. — Avertissement, avec tableau d'assemblage, 2 francs. — Légende technique, avec notice explicative, 2 francs. — Légende géologique générale, 7 feuilles à 2 francs chaque.
2° Coupes longitudinales : Annexes aux feuilles de Meaux, Beauvais, Rouen et Evreux, Neufchâtel, Gray, 5 feuilles à 6 francs chaque.
3° Sections verticales : Annexes aux feuilles de Meaux, Beauvais, 2 feuilles à 2 francs chaque.
4° Perspectives photographiques : Annexe à la feuille de Paris, 4 feuilles à 2 francs chaque.
5° Cahiers de généralités : Avertissement, avec tableau d'assemblage réduit, 1 franc — Premier cahier de la feuille de Paris, 1 franc.

Carte géologique de la France au 320 millième. *

Carte géologique de la France à l'échelle du 320 millième publiée par le Ministère des Travaux publics. Chaque feuille de la carte au 320 000e comprendra le contenu de 16 feuilles de la carte au 80 000e.

LISTE DES FEUILLES PARUES AU 1er JANVIER 1903.

N° 8. Lille correspondant au n°s 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 19, 20, 21, 22 de la carte au 80 000e.

N° 9. Mézières correspondant aux numéros 9, 14, 15, 23, 24 et 25 de la carte au 80 000e et comprenant en outre : 1° une grande partie de la Belgique, notamment Bruxelles, Louvain, Mons, Charleroi, Namur, Liège et les Ardennes ; 2° le Luxembourg ; 3° en Allemagne, Aix-la-Chapelle, Düren.

N° 13, Paris correspondant aux n°s 30, 31, 32, 33, 46, 47, 48, 49, 63, 64, 65, 66, 78, 79, 80, 81 de la carte au 80 000e.

N° 14, Metz correspondant aux numéros 34, 35, 36, 37, 50, 51, 52, 53, 67, 68, 69, 70, 82, 83, 84, 85 de la carte au 80 000e.

Chaque feuille : Collée sur toile et pliée . . . . 10 fr.
En feuille . . . . 6 fr.

Ajouter 1 fr. 35 par envoi pour l'emballage et l'affranchissement des cartes en feuilles.

Géologie de la Corse. *

Etude sur la constitution géologique de la Corse, par M. Nentien, ingénieur des mines. 1 volume in-4°, avec 31 figures dans le texte. . . . . 7 fr. 50

Carte géologique de la Corse au 320 millième. *

Carte géologique de la Corse à l'échelle du 320 000e publiée par le Ministère des Travaux publics. En feuille 3 fr. — Collée sur toile et pliée . 7 fr.

Carte géologique de la France au millionième. *

Carte géologique de la France à l'échelle du millionième exécutée en utilisant les documents publiés par le service de la carte géologique détaillée de la France par un comité composé de MM. Barrois, Bergeron, Bertrand, Depéret, Fabre, Fontannes, Fouqué, Gosselet, Jacquot, Lecornu, Lory, Michel Lévy, Potier et Vélain, sous la direction de MM. Jacquot, inspecteur général des mines, et Michel Lévy, ingénieur en chef des mines, 4 feuilles de 65 centimètres sur 60 centimètres, imprimées en 41 couleurs.

Prix : Collée sur toile et pliée . . . . 15 fr. »
Collée sur toile, montée sur rouleaux et vernie. . . . . 20 fr. »
En feuilles. . . . . 9 fr. 50

Ajouter 1 fr. 35 par envoi pour l'emballage et l'affranchissement des cartes en feuilles, et 2 fr. 25 pour l'emballage et l'affranchissement des cartes montées sur rouleaux.

Carte géologique de la France au 500 millième. *

Carte géologique générale de la France à l'échelle du 500 000e contenant en outre, le sud de l'Angleterre. — La plus grande partie de la Belgique. — Le Luxembourg. — Les bords du Rhin jusqu'à Bonn et Francfort. — L'Alsace-Lorraine. La Suisse occidentale. Le nord de l'Italie et le nord de l'Espagne par G. Vasseur et L. Carez. Docteur ès sciences. Cette carte d'une rare perfection de dessin et d'exécution, comprend 48 feuilles qui peuvent être réunies en un atlas ou assemblées en un panneau de 2m,40 de côté.

Prix de la carte complète en feuilles . . . . 100 fr.
La même carte collée sur toile et pliée en 48 feuilles ou montée sur gorge avec rouleau. . . . . 140 fr.
Chaque feuille séparément en feuille. . . . . 4 fr.
— — montée sur toile pliée . . . . 6 fr.
La légende donnant l'explication des teintes . . . . 2 fr.

Annuaire géologique universel. *

Annuaire géologique universel. Revue de géologie et de paléontologie. Guide du géologue. 1884 à 1898. 14 volumes.

Tome Ier. Années 1884-1885, cartonné . . . . 10 fr.
Tome II. Année 1885, cartonné . . . . 10 fr.
Tome III. Année 1886, cartonné. . . . . 15 fr.
Tome IV. Année 1887, cartonné. . . . . 20 fr.
Tome V. Année 1888, cartonné . . . . 20 fr.
Tome VI. Année 1889, cartonné. . . . . 20 fr.
Tome VII. Année 1890, broché. . . . . 20 fr.
Tome VIII. Année 1891, broché. . . . . 20 fr.
Tome IX. Année 1892, broché . . . . 20 fr.
Tome X. Année 1893, broché. . . . . 20 fr.
Tome XI. Année 1894, broché. . . . . 8 fr.
Tome XII. Année 1895, broché . . . . 8 fr.
Tome XIII. Année 1896, broché. . . . . 8 fr.
Tome XIV. Année 1898, broché. . . . . 8 fr.

Carte géologique de la France au 500 millième. *

Carte géologique de la France à l'échelle du 500 millième par Dufrénoy et Élie de Beaumont, 6 feuilles de 1m,15 sur 0m,75, collées sur toile et pliées. 160 fr. 80

Recherches sur la craie supérieure. *

Recherches sur la craie supérieure par A. de Grossouvre, ingénieur en chef des mines.

1re partie. Stratigraphie générale, avec une monographie du genre Micraster, par J. Lambert, 2 volumes in-4° contenant 39 tableaux, 33 figures dans le texte et 3 planches hors texte. . . . . 30 fr.

2e partie. Paléontologie. Les ammonites de la craie supérieure. 1 volume in-4° contenant 89 figures dans le texte et un atlas de 39 planches . . 20 fr.

L'Ardenne. *

L'Ardenne, par J. Gosselet, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Lille. 1 volume in-4° contenant 26 planches en héliogravure tirées en taille-douce, 243 figures intercalées dans le texte et 11 planches de cartes et de coupes géologiques . . . . 50 fr.

Pays de Bray. *

Le pays de Bray, par A. de Lapparent, ingénieur au corps des mines. 1 volume in-4° avec 20 figures intercalées dans le texte et 4 planches de cartes. 7 fr. 25

Explication de la carte géologique de la France. *

Explication de la carte géologique de France publiée par le Ministère des Travaux publics.

Tome Ier. . . . . (*Epuisé.*)

Tome II. Terrain du trias et terrain jurassique, par Dufrénoy et Élie de Beaumont. 1 volume in-4° avec 104 figures dans le texte . . . . . 14 fr. 40

Tome III (1re partie). Craie, terrain tertiaire, chaîne des Pyrénées, terrain volcanique, par Dufrénoy, 1 volume in-4° avec 18 figures dans le texte . . 4 fr.

Tome IV (2e partie). Végétaux fossiles du terrain houiller, par Zeiller 1 volume in-4°. . . . . 3 fr. 75

Carte géologique des environs de Paris. *

Carte géologique des environs de Paris à l'échelle du 40 millième, publiée par le Ministère des Travaux publics, comprenant 4 feuilles de 84 centimètres sur 64 centimètres chacune.

Prix : en feuilles. . . . . 15 fr.
Collée sur toile en 4 feuilles et pliée . . . . 25 fr.
Collée sur toile, montée sur rouleaux et vernie . . . . 30 fr.

Ajouter 1 fr. 35 par envoi pour l'emballage et l'affranchissement des cartes en feuilles, et 2 fr. 25 pour l'emballage et l'affranchissement des cartes montées sur rouleaux.

Carte géologique du bassin d'Autun. *

Carte géologique du bassin d'Autun à l'échelle du 40 millième, par Michel Lévy, Delafond et Renault, publiée par le Ministère des Travaux publics. 1 feuille de 1m,05 sur 75 centimètres. . . . . 6 fr.

Carte minière de l'Espagne. *

Carte des richesses minérales de l'Espagne, par G. Hyvert, ingénieur et minéralogiste. Carte diagramme imprimée en dix couleurs sur feuille vernie, format 75 × 52. . . . . 3 fr.

Ajouter 0 fr. 50 *pour l'envoi franco par la poste.*

Carte géologique du Portugal. *

Carte géologique du Portugal à l'échelle du 50 000e, dressée par MM. Delgado et Choffat. 2 feuilles de 0,95 × 0,75. Prix en feuilles. . . . . . . 12 fr. 50

Carte géologique de l'Algérie au 800 millième. *

Carte géologique de l'Algérie à l'échelle du 800 millième, 3e édition 1900, publiée par le Ministère des Travaux publics, sous la direction de M. Pouyanne, inspecteur général des mines à Alger, 4 feuilles 0m,78 × 0m,58.

Prix : Collée sur toile et pliée. . . . . 21 fr.
Collée sur toile, montée sur rouleaux et vernie. . . . . . . 26 fr.
En feuilles. . . . . 15 fr.

Ajouter 1 fr. 35 par envoi pour l'emballage et l'affranchissement des cartes en feuilles et 2 fr. 25 pour l'emballage et l'affranchissement des cartes montées sur rouleaux.

Carte géologique de l'Algérie au 50 millième. *

Carte géologique de l'Algérie à l'échelle du 50 millième, publiée par le Ministère des Travaux publics devant comprendre environ 200 feuilles de 0m,80 × 0m,57. Chaque feuille accompagnée d'une notice explicative se vend séparément en feuille 6 francs, collée sur toile et pliée, 9 francs. Ajouter 1 fr. 35 par envoi pour l'emballage et l'affranchissement des cartes en feuilles.

LISTE DES FEUILLES PARUES AU 1er JANVIER 1903.

N° 22. Ménerville.
N° 43. Palestro.
N° 63. Blida.
N° 73. Constantine.
N° 86. Médéa.
L° 104. Renault.
Nos 208-239. Béni-Saf.

Matériaux pour la carte géologique de l'Algérie. *

Paléontologie. — Monographies :

Bubalus antiquus, par A. Pomel, 1 volume in-4°, avec 10 planches . 10 fr.
Caméliens et Cervidés, par A. Pomel, 1 volume in-4°, avec 8 planches 8 fr.
Bœufs-taureaux, par A. Pomel, 1 volume in-4°, avec 19 planches. . 20 fr.
Les boséaphes Ray, par A. Pomel, 1 volume in-4°, avec 11 planches 15 fr.
Les antilopes Pallas, par A. Pomel, 1 volume in-4°, avec 15 planches 12 fr.
Les éléphants quaternaires, par A. Pomel, 1 volume in-4° avec 15 planches . . . . 15 fr.
Les rhinocéros quaternaires par A. Pomel, 1 volume in-4° avec 12 planches. . . . . 12 fr.
Les hippopotames, par A. Pomel, 1 volume in-4°, avec 21 planches . 22 fr.
Fossiles miocènes, par A. Brives, 1 volume in-4°, avec 5 planches . 6 fr.
Equidés, par A. Pomel, 1 volume in-4° avec 12 planches . . . . . 12 fr.
Suilliens, Porciens, par A. Pomel. 1 volume in-4° avec 10 planches . 10 fr.
Carnassiers, par A. Pomel, 1 volume in-4° avec 15 planches . . . . 15 fr.
Singe et homme, par A. Pomel, 1 volume in-4°, avec 8 planches. . 8 fr.
Ovidés, par A. Pomel, 1 volume in-4° avec 14 planches . . . . . . 14 fr.

Stratigraphie. — Descriptions régionales :

La Kabylie du Djurjura, par E. Ficheur, 1 volume in-4° avec 55 figures dans le texte et 2 cartes. . . . . 12 fr.
Terrains miocènes, par A. Brives, 1 volume in-4° avec 3 cartes. . . 6 fr.

Bulletin de la Carte géologique de la France.*

Bulletin des services de la carte géologique de la France et des Topographies souterraines (Ministère des Travaux publics) publié sous la direction de M. Michel Lévy, ingénieur en chef des mines, avec le concours des professeurs, des géologues et des ingénieurs qui collaborent à la Carte géologique détaillée de la France et aux topographies souterraines publiées par le Ministère des Travaux publics.

Ce Bulletin paraît depuis le mois d'août 1889 par fascicules contenant chacun un mémoire complet, dont la réunion forme chaque année un beau volume grand in-8°, accompagné d'un grand nombre de planches et avec de nombreuses figures intercalées dans le texte.

Prix de l'abonnement. . . 20 fr. — Prix de l'année parue . . . . 20 fr.
Les tomes I à XII (Bulletins n°s 1 à 86) sont complets. Le tome XIII commence avec le bulletin n° 87.

Nous avons fait tirer à part un certain nombre d'exemplaires de chacun des bulletins destinés à être vendus séparément, aux prix suivants :

LISTE DES BULLETINS PARUS :

Mont Pilat et Plateau central.

N° 1. Étude sur le massif cristallin du Mont Pilat sur la bordure orientale du Plateau central, entre Vienne et Saint-Vallier, et sur la prolongation des plis synclinaux, houillers de Saint-Etienne et Vienne, par Termier, ingénieur des mines, professeur à l'école de Saint-Etienne. 1 brochure grand in-8° avec 28 figures dans le texte et 2 planches . . . . 3 fr. 75

Environs de Lyon.

N° 2. Note sur les terrains d'alluvions des environs de Lyon, par Delafond, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8° avec 1 planche 1 fr. 25

Pyrénées de l'Aude.

N° 3. Note sur l'existence des phénomènes de recouvrement dans les Pyrénées de l'Aude, par L. Carez, docteur ès sciences 1 brochure in-8°, avec 1 planche. . . . . 1 fr. 25

Roches primitives de la feuille de Brive.

N° 4. Note sur les roches primitives de la feuille de Brive, par L. de Launay, ingénieur des mines. 1 brochure grand in-8° avec 6 figures dans le texte 0 fr.75

Bassin tertiaire de Marseille.

N° 5. Notes stratigraphiques sur le bassin tertiaire de Marseille par Ch. Depéret, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 brochure grand in-8° avec 6 figures dans le texte. 1 fr.50

Environs d'Annecy, la Roche, Bonneville, etc.

N° 6. Note sur la géologie des environs d'Annecy, la Roche, Bonneville et de la région comprise entre le Buet et Sallanches (Haute-Savoie), par G. Maillard, conservateur du musée d'Annecy. 1 volume grand in-8° avec 9 planches. 5 fr. 25

Eruptions du Menez Hom (Finistère).

N° 7. Mémoire sur les éruptions diabasiques siluriennes du Menez-Hom (Finistère), par Ch. Barrois, professeur adjoint à la faculté des sciences de Lille. 1 volume grand in-8° avec 23 figures dans le texte et 1 planche. . . . 4 fr.

Le Nord de la France et le Bassin de Paris.

N° 8. Relations entre les sables de l'éocène inférieur dans le Nord de la France et dans le bassin de Paris par J. Gosselet, professeur à la Faculté des sciences de Lille, membre correspondant de l'Institut. 1 brochure grand in-8° avec 7 figures dans le texte . . . . 0 fr. 75

Roches des environs du Mont Blanc.

N° 9, Étude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont Blanc, par Michel Lévy, ingénieur en chef des mines, directeur du service de la carte géologique de la France. 1 brochure grand in-8, avec 4 planches en photogravure, une planche de coupes, et des figures dans le texte. . 2 fr. 50

Plateau central entre Tulle et Saint-Céré.

N° 10. Étude sur la stratigraphie du plateau central entre Tulle et Saint-Céré, par Mouret, ingénieur des ponts et chaussées. 1 brochure grand in-8°, avec une planche de coupes et une carte géologique. . . . . 2 fr. 75

Roches de l'Ariège et de l'Auvergne.

N° 11 I. Contribution à l'étude des roches métamorphiques et éruptives de l'Ariège (feuille de Foix). — II. Sur les enclaves acides des roches volcaniques de l'Auvergne, par A. Lacroix, préparateur au Collège de France 1 brochure grand in-8°, avec 12 figures dans le texte . . . . 3 fr.

Terrains Bressans. — Bassins de Blanzy et du Creusot.

N° 12. I. Nouvelle subdivision dans les terrains Bressans. — II. Bassin de Blanzy et du Creusot, par Delafond, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 16 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50

Éruptions du Velay.

N° 13. Les Éruptions du Velay. I. Roches éruptives du Meygal. — II. Argiles métamorphosées par le phonolithe, à Saint-Pierre Eynac, par P. Termier, ingénieur des mines, professeur à l'École des mines de Saint-Étienne. 1 brochure grand in-8°, avec 11 figures dans le texte . . . . 1 fr. 50

Bassin de Paris.

N° 14. Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le bassin de Paris, par Gustave F. Dolfus. 1 brochure grand in-8° avec 16 figures dans le texte et une carte . . . . 4 fr. 75

Forez et le Roannais.

N° 15. Note sur les formations géologiques du Forez et du Roannais, par Le Verrier, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8° avec 41 figures dans le texte et 4 planches . . . . 4 fr. 75

Vallée d'Apt. — Le Pliocène à Théziers (Gard).

N° 16. Note sur les sables de la vallée d'Apt, par Kilian, de la Faculté des sciences de Grenoble, et F. Leenhardt de la Faculté de théologie protestante de Montauban. — II. Note sur la découverte de l'horizon de Montaiguet à *Bulimus Hopei*, dans le bassin d'Apt, par Depéret et Leenhardt. — III. Note sur le Pliocène et sur la position stratigraphique des couches à congéries de Théziers (Gard), par Depéret, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 brochure grand in-8° avec 10 figures dans le texte et une planche . . . 1 fr. 75

Structure des Corbières.

Nº 17. Note sur la structure des Corbières, par Emm. de Margerie. 1 brochure grand in-8°, avec 3 figures dans le texte et une planche. . . . 2 fr. 50

Chaîne de la Sainte-Baume.

Nº 18. I. Note sur la continuation de la chaîne de la Sainte-Baume (Feuille de Draguignan), II, III, IV, V. Notes sur quelques points de la feuille de Castellane, par Ph. Zurcher, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 brochure grand in-8°, avec 22 figures dans le texte et 4 planches. . . . . . . 3 fr. 25

Terrains tertiaires du Sud-Ouest.

Nº 19. Contribution à l'étude des terrains tertiaires du Sud-Ouest de la France, par G. Vasseur, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Marseille. 1 brochure grand in-8°, avec 10 figures dans le texte . . . . 0 fr. 75

Massif de la Vanoise.

Nº 20. Géologie et stratigraphie du Massif de la Vanoise, par Termier, ingénieur des mines, professeur à l'École de Saint-Etienne. 1 volume grand in-8°, avec 58 figures dans le texte, une carte géologique et 9 planches. . . 10 fr.

Chaînes subalpines entre Gap et Digne.

Nº 21. Les chaînes subalpines entre Gap et Digne. Contribution à l'histoire géologique des Alpes françaises, par Emile Haug, docteur ès sciences, chef des travaux pratiques au Laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Paris. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte, une carte géologique et 3 planches. . . . . 10 fr.

Environs d'Annecy.

Nº 22. I. Note de M. Michel Lévy sur les derniers travaux de G. Maillard. II, III. Note sur les diverses régions de la feuille d'Annecy, par G. Maillard. 1 brochure grand in-8°, avec 45 figures dans le texte . . . . 2 fr. 50

Géologie de l'Oise. — Le trias de l'Ariège.

Nº 23. Contribution à la géologie de l'Oise. Notice géologique de Beauvais, par H. Thomas, contrôleur principal des mines, chef des travaux graphiques de la carte géologique de France. II. Note sur le trias de l'Ariège et de l'Aude, par C. de Lacvivier, proviseur du lycée de Montpellier. 1 brochure grand in-8°, avec 12 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50

Massif d'Allauch.

Nº 24. Le massif d'Allauch, au nord-ouest de Marseille, par M. Bertrand, ingénieur en chef des mines, professeur de géologie à l'École nationale des mines, 1 brochure grand in-8°, avec 28 figures dans le texte et 2 pl. . 3 fr. 50

Craie des Corbières.

Nº 25. Étude sur la craie supérieure. La craie des Corbières, par A. de Grossouvre, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 5 figures dans le texte . . . . 0 fr. 75

Massifs du Chablais.

Nº 26. Étude sur les massifs du Chablais compris entre l'Arve et la Drance (Feuilles de Thonon et d'Annecy), par Aug. Jaccard, professeur de géologie à l'Académie de Neufchâtel. 1 brochure grand in-8°, avec 44 figures dans le texte. 2 fr. 25

La chaîne des Aiguilles rouges. — Roches du Flysch du Chablais.

Nº 27. Note sur la prolongation vers le sud de la chaîne des Aiguilles-Rouges (Montagnes de Pormenaz et du Prarion. — II. Etude sur les pointements de roches cristallines qui apparaissent au milieu du Flysch du Chablais, des Gets aux Fenils, par A. Michel-Lévy, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 18 figures dans le texte et 7 planches . . . 3 fr. 50

Description géologique du Velay.

N° 28. Description géologique du Velay, par Marcellin Boule, agrégé de l'Université, docteur ès sciences. 1 volume grand in-8°, avec 80 figures dans le texte et 11 planches . . . . 12 fr.

Contact du Jura méridional et de la zone subalpine.

N° 29. Contact du Jura méridional et de la zone subalpine aux environs de Chambéry (Savoie), par M. Hollande. 1 brochure grand in-8°, avec 23 figures dans le texte . . . . 1 fr. 50

Vallée du Cher dans la région de Montluçon.

N° 30. Études sur le Plateau central. — I. La Vallée du Cher dans la région de Montluçon, par L. de Launay, ingénieur des mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines. 1 brochure grand in-8° avec 23 figures dans le texte et 6 planches . . . . 3 fr. 50

Ophites et Lherzolites de l'Ariège.

N° 31. Note sur la distribution géographique et sur l'âge géologique des ophites et des lherzolites de l'Ariège, par C. de Lacvivier, proviseur du lycée de Montpellier. 1 brochure grand in-8° avec une figure dans le texte . . . . 0 fr. 75

Le Môle et les collines de Faucigny.

N° 32. Le Môle et les collines de Faucigny (Haute-Savoie), par Marcel Bertrand, ingénieur en chef des mines, professeur de géologie à l'École des mines. 1 brochure grand in-8° avec 27 figures dans le texte et une carte en couleur. 2 fr. 25

Plissements siluriens du Cotentin.

N° 33. Sur les plissements siluriens dans la région du Cotentin, par L. Lecornu, ingénieur des mines, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen. 1 brochure grand in-8° avec 16 figures dans le texte . . . 1 fr. 50

Géologie de la vallée d'Aspe.

N° 34. Note sur la géologie de la haute vallée d'Aspe (Basses-Pyrénées), par J. Seunes, professeur chargé de cours à la Faculté des sciences de Rennes. 1 brochure grand in-8° avec 15 figures dans le texte . . . . 1 fr. 50

Étude statigraphique des Pyrénées.

N° 35. Etude stratigraphique des Pyrénées, par Joseph Roussel. 1 volume grand in-8° avec figures dans le texte et cartes . . . . 17 fr. 25

Granite de Flamanville.

N° 36. Contribution à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général, par Michel Lévy. 1 volume grand in-8° avec 6 figures dans le texte et 5 planches . . . . 2 fr. 25

Poudingues de Palassou dans le Tarn.

N° 37. I. Nouvelles observations sur l'extension des poudingues de Palassou dans le département du Tarn. — II. Observations au sujet d'une note de M. Caraven-Cachin, intitulée *Le poudingue de Palassou dans le Tarn.* — III. Relations du terrain nummulitique de la Montagne Noire avec les formations lacustres du Castrais, par G. Vasseur, professeur à la Faculté des sciences de Marseille. 1 volume grand in-8°, avec une carte géologique et deux coupes. 1 fr.

Comptes rendus pour la campagne de 1893.

N° 38. Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1893. 1 volume grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte et une planche. 7 fr. 75

Plateau infracrétacé des environs de Nîmes.

N° 39. Le plateau infracrétacé des environs de Nîmes par Torcapel. 1 volume grand in-8° avecc 2 planches . . . . 2 fr. 75

Massif des Grandes-Rousses.

N° 40. Le massif des Grandes-Rousses, par M. P. Termier, professeur à

l'Ecole des mines de Saint-Etienne, ingénieur des mines. 1 volume grand in-8° avec 11 gravures dans le texte et 6 planches et une carte en couleurs. 8 fr.

Vallée des Déserts, près Chambéry.

N° 41. Etude stratigraphique des terrains tertiaires oligocènes de la Vallée des Déserts, près Chambéry, et leur extension dans la zone subalpine et le Jura méridional, par HOLLANDE, directeur de l'École préparatoire à l'enseignement supérieur de Chambéry. 1 brochure in-8°, avec 12 figures dans le texte. 1 fr. 50

Lherzolite et ophites des Pyrénées.

N° 42. Les phénomènes de contact de la lherzolite et de quelques ophites des Pyrénées, par A. LACROIX, professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle. 1 vol. grand in-8°, avec 23 figures dans le texte et 3 pl. . 6 fr. 75

Plateau de Lannemezan.

N° 43. Le plateau de Lannemezan et les alluvions anciennes des hautes vallées de la Garonne et de la Neste, par MARCELLIN BOULE. 1 brochure in-8°, avec 4 figures dans le texte et 4 planches . . . . 2 fr. 50

Comptes rendus pour la campagne de 1894.

N° 44. Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1894. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . . 8 fr. 25

Leucotéphrite du Culm du Mâconnais.

N° 45. Leucotéphrite à pyroxène de la base du Culm du Mâconnais, par A. MICHEL LÉVY et A. LACROIX. 1 brochure grand in-8°, avec 2 figures dans le texte et 3 planches . . . . 0 fr. 75

Massif de Saint-Saulge.

N° 46. Étude sur le plateau central. — Le massif de Saint-Saulge et ses relations avec le terrain houiller de Decize, par L. DE LAUNAY, ingénieur des mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines. 1 brochure grand in-8° . . . 3 fr.

Tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie.

N° 47. Étude sur la tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie, par EMILE HAUG, chef des travaux pratiques de géologie à la Faculté des sciences de Paris. 1 volume grand in-8°, avec 13 figures dans le texte et 6 pl. 7 fr. 25

Structure de la région de Castellane.

N° 48. Note sur la structure de la région de Castellane, par G. ZURCHER, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 volume grand in-8°, avec 21 figures dans le texte et 6 planches . . . . 3 fr. 50

La Région de la Brèche du Chablais.

N° 49. La région de la Brèche du Chablais (Haute-Savoie), par MAURICE LUGEON, docteur ès sciences physiques et naturelles. 1 volume grand in-8°, avec 58 figures dans le texte et 8 planches . . . . 17 fr. 25

Le jurassique à l'Ouest du Plateau Central.

N° 50. Le jurassique à l'Ouest du Plateau Central. Contribution à l'histoire des mers jurassiques dans le bassin de l'Aquitaine, par PH. GLANGEAUD, agrégé de l'Université. 1 volume grand in-8° avec 45 figures dans le texte et une carte. . . . . 12 fr. 75

Feuille de Cahors.

N° 51. Le permien, le trias et le jurassique de la feuille de Cahors, par Eugène FOURNIER. 1 brochure grand in-8°, avec 2 figures dans le texte. . . . 0 fr. 75

Massifs du Canigou et de l'Albère.

N° 52. Etude stratigraphique des massifs montagneux du Canigou et de l'Albère par JOSEPH ROUSSEL. 1 brochure grand in-8°, avec 2 figures dans le texte, 2 planches et 1 carte en couleurs. . . . . 3 fr.

Comptes rendus pour la campagne de 1895.

N° 53. Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1895. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 10 fr. 50

Cantal miocène.

N° 54. Le Cantal miocène, par MARCELLIN BOULE. 1 brochure in-8°, avec 16 figures dans le texte et 2 planches. . . . . 2 fr. 50

Roches éruptives de la chaîne de Belledonne.

N° 55. Note sur les roches éruptives basiques et sur les amphibolites de la chaîne de Belledone, par LOUIS DUPARC, professeur de minéralogie et géologie à l'Université de Genève. 1 brochure grand in-8°. . . . . 1 fr. 50

Le nord des Alpes-Maritimes.

N° 56. Etude géologique du nord des Alpes-Maritimes, par LÉON BERTRAND agrégé de l'Université, docteur ès sciences, chargé de conférences de pétrographie à la Faculté des sciences de Paris. 1 volume grand in-8°, avec 34 figures dans le texte et 8 planches . . . . 13 fr.

Porphyre bleu de l'Esterel.

N° 57. Mémoire sur le porphyre bleu de l'Esterel, par A. MICHEL LÉVY, membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines, 1 volume grand in-8°, avec 18 figures dans le texte et 8 planches . . . . 2 fr. 75

Tertiaire de la Sologne.

N° 58. Tertiaire de la Sologne. Oxfordien et rauracien de l'Est et du Sud-Est du bassin de Paris, par A. DE GROSSOUVRE, ingénieur en chef des mines. 1 brochure grand in-8°, avec 2 figures dans le texte, ... 0 fr. 75

Comptes rendus pour la campagne de 1896.

N° 59. Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1896. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 8 fr. 25

Bordure Sud-Ouest du Mont Blanc.

N° 60. La bordure sud-ouest du Mont Blanc, les plis couchés du Mont Joly et de ses attaches, par ETIENNE RITTER, docteur ès sciences. 1 volume grand in-8°, avec 38 figures dans le texte et 6 planches. . . . . 14 fr. 25

Massif du Haut Giffre.

N° 61. Le massif du Haut Giffre. Étude sur le raccord des plis couchés de la vallée de l'Arve avec ceux des Tours-Salières et de la Dent du Midi, par ETIENNE RITTER, docteur ès sciences. 1 brochure grand in-8°, avec 8 figures dans le texte et 3 planches. . . . . 3 fr.

Le Portlandien du bassin de l'Aquitaine.

N° 62. Le Portlandien du bassin de l'Aquitaine, par PH. GLANGEAUD. 1 brochure grand in-8°, avec 9 figures dans le texte et 1 carte . . . . . . 2 fr. 25

Comptes rendus pour la campagne de 1897.

N° 63. Comptes rendus des Collaborateurs pour la campagne de 1897. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 8 fr. 25

Granite des Pyrénées.

N° 64. Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact. Premier mémoire : *les contacts de la haute Ariège*, par A. LACROIX, professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle, 1 brochure grand in-8°, avec 14 figures dans le texte et 3 planches. . . . . 3 fr. 75

Plateau des Déserts, près Chambéry.

N° 65. Note sur les terrains tertiaires du plateau des Déserts, près Chambéry (Savoie), par H. DOUXAMI, docteur ès-sciences, et J. RÉVIL, président de la

Société d'histoire naturelle de Savoie. 1 brochure grand in-8°, avec 2 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 5

Dôme de la Grésigne.

N° 66. Le Dôme de la Grésigne (Feuille de Montauban), par E. FOURNIER chargé de cours à l'Université de Besançon. 1 brochure grand in-8°, avec 2 figures dans le texte . . . . 0 fr. 75

Le Gabbro du Pallet.

N° 67. Le Gabbro du Pallet et ses modifications, par M. A. LACROIX. 1 vol. grand in-8° avec 14 figures dans le texte et 1 planche. . . . . 3 fr. 25

Nappes de recouvrement de la Basse Provence.

N° 68. La grande nappe de recouvrement de la Basse Provence, par MARCEL BERTRAND, membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines. 1 volume grand in-8° avec 42 figures dans le texte et 3 planches . . . . 4 fr. 75

Comptes rendus pour la campagne de 1898.

N° 69. Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1898 1 volume grand in-8°. . . . . 6 fr. 75

Crétacé du bassin de l'Aquitaine.

N° 70. Etude sur les plissements du crétacé du bassin de l'Aquitaine, par PH. GLANGEAUD, maître de conférences à l'Université de Clermont-Ferrand. 1 vol. grand in-8° avec 22 figures et 2 planches. . . . . 3 fr.

Granite des Pyrénées.

N° 71. Le Granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact (*deuxième mémoire*). Les contacts de la haute Ariège, de l'Aude, des Pyrénées-Orientales et des Hautes-Pyrénées par A. LACROIX, professeur de Minéralogie au Museum d'histoire naturelle. 1 brochure grand in-8°, contenant 16 figures dans le texte et 3 planches. . . . . 3 fr.

Géologie du Plateau central.

N° 72. Aperçu sur la géologie de la partie sud-ouest du plateau central de la France, par G. MOURET, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 volume grand in-8° avec 4 planches. . . . . 4 fr. 25

Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1899.

N° 73. Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1899, 1 volume grand in-8°. . . . . 6 fr. 75

Etude géologique des Pyrénées.

N° 74. Contribution à l'étude géologique des Pyrénées, par JOSEPH ROUSSEL, docteur ès sciences, professeur au collège de Meaux. 1 brochure grand in-8°, avec 10 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50

Alpes delphino-provençales.

N° 75. Nouvelles observations géologiques dans les Alpes delphino- provençales, par M. W. KILIAN, professeur de géologie à l'Université à Grenoble, 1 brochure in-8° avec 4 figures dans le texte et une planche. . . . . . 2 fr.

Géologie des environs d'Aurillac.

N° 76. Géologie des environs d'Aurillac et observations nouvelles sur le Cantal, par MARCELLIN BOULE, collaborateur principal, 1 volume grand in-8° contenant 33 figures dans le texte et 2 planches . . . . 5 fr.

Dislocation des Bauges (Savoie).

N° 77. Les dislocations des Bauges (Savoie), par MAURICE LUGEON, professeur de géographie physique et de géologie pratique de l'Université de Lausanne. 1 volume grand in-8°, contenant 35 figures dans le texte et 6 planches . 8 fr.

Régime des Eaux et Géologie du Haut Quercy.

N° 78. I. Etudes sur le régime des eaux dans le Haut Quercy, depuis l'éocène supérieur jusqu'à l'époque actuelle. — II. Etudes géologiques sur le Haut-Quercy (*Feuille de Gourdon*), par M. E. Fournier, chargé de cours de géologie à la Faculté des sciences de l'Université de Besançon, 1 brochure grand in-8°, avec 4 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50

Système glaciaire des Vosges françaises.

N° 79. Contribution à l'étude du système glaciaire des Vosges françaises, par M. A. Delebecque. Ingénieur des ponts et chaussées. 1 brochure grand in-8° avec 1 planche. . . . . 1 fr. 50

Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1900.

N° 80. Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1900. 1 volume grand in-8° avec figures dans le texte . . . . 5 fr. 25

Géologie des environs de Bellegarde.

N° 81. Étude sur la vallée du Rhône aux environs de Bellegarde, par H. Douxami, docteur ès sciences. 1 brochure grand in-8° avec 3 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50

Géologie du volcan de Gravenoire.

N° 82. Monographie du volcan de Gravenoire, près de Clermont-Ferrand, par Ph. Glangeaud, maître de conférences à l'Université de Clermont-Ferrand. 1 volume grand in-8° avec 13 gravures dans le texte et 2 planches. . 2 fr. 75

Roches éruptives carbonifères de la Creuse.

N° 83. Étude sur le Plateau Central. III. Les roches éruptives carbonifères de la Creuse (feuille d'Aubusson), Microgranulites, Porphyres, Kersantites, Orthophyres et Porphyrites, par L. de Launay, ingénieur en chef des mines. 1 volume grand in-8° avec 32 figures et 2 planches. . . . . 7 fr.

Étude géologique des Pyrénées.

N° 84. I. Le primaire de Betchat et de Cabanères, la granulite et l'ophite de Betchat et de Salies-du-Salat. — II. Le pli du Raz-Mouchet. — III. Trangressivité et dénudation. Les Klippes des Pyrénées. L'âge des couches à caprines et orbitoline de la bande crétacée de Cabachon-Padern, par J. Roussel, docteur ès sciences, professeur au collège de Meaux. 1 volume grand in-8° avec 7 figures et 2 planches . . . . 3 fr.

Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1901.

N° 85. Comptes rendus des collaborateurs pour la campagne de 1901. 1 volume grand in-8° avec figures dans le texte. . . . . 9 fr.

Formations tertiaires.

N° 86. Étude sur les formations tertiaires, par G. Vasseur, professeur à la Faculté des sciences de Marseille. 1 volume grand in-8°. . . . . 1 fr.

Études géologiques sur la Limagne d'Auvergne.

N° 87. Etudes géologiques sur la Limagne d'Auvergne, par J. Giraud, agrégé des sciences naturelles. 1 volume grand in-8°. . . . . 20 fr.

PUBLICATIONS DU SERVICE
DES
TOPOGRAPHIES SOUTERRAINES

(Ministère des Travaux publics)

ÉTUDES DES GÎTES MINÉRAUX DE LA FRANCE

Bassin houiller de la Loire. *

Bassin houiller de la Loire, par L. Gruner, inspecteur général des mines. 2 volumes in-4°, et 1 atlas de 28 planches in-plano. . . . . 76 fr.

Bassin houiller de la Loire. *

Nouvelles contributions à la topographie souterraine du bassin houiller de la Loire, par M. Coste, ingénieur des mines, 1 volume in-4° et 1 atlas in-f° de 16 planches doubles. Prix. 16 fr.

Le texte se vend séparément au prix de 20 francs et l'atlas au prix de 30 fr.

Cet ouvrage fait suite au *Bassin houiller de la Loire*, par Gruner.

Bassin houiller de Valenciennes. *

Bassin houiller de Valenciennes (partie comprise dans le département du Nord). par A. Olry, ingénieur en chef des mines. 1 volume in-4°, et 1 atlas de 12 planches in-plano. . . . . 52 fr.

Bassins houillers de Brioude, Brassac et Langeac. *

Bassins houillers de Brioude et de Brassac, par J. Dorlhac, ingénieur civil des mines, et Bassin houiller de Langeac, par Amiot, ingénieur au corps national des mines. 1 volume in-4° avec figures intercalées dans le texte et 1 atlas de 18 planches in-folio. 37 fr. 50

Bassin houiller de Ronchamp. *

Bassin houiller de Ronchamp par E. Trautmann, inspecteur général honoraire des mines. 1 volume in-4° et 1 atlas de 9 planches in-plano. . . 15 fr. 50

Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes. *

Description de la flore fossile du bassin houiller de Valenciennes, par R. Zeiller, ingénieur en chef des mines. 1 volume in-4° avec 15 figures dans le texte et 1 carte en couleur, et 1 atlas in-4° contenant 94 planches de dessins faits d'après nature et lithographiés par C. Cuisin. . . . . 75 fr. 25

Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac. *

Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac. Fascicule premier, Stratigraphie par Delafond, ingénieur en chef des mines, avec 15 figures dans le texte, une planche et une carte géologique au 40 millième par Michel Lévy, Delafond et Renault . . . . 12 fr.

Fascicule II. Flore fossile (1re partie), par R. Zeiller, ingénieur en chef des mines. 1 volume in-4° et 1 atlas in-4° de 27 planches. . . . . 30 fr.

Fascicule III. Poissons fossiles, par le Dr Sauvage. 1 volume in-4°, avec 5 planches . . . . 4 fr.

Fascicule IV. Flore fossile (2e partie), par B. Renault. 1 volume in-4°, avec 148 figures dans le texte et 2 planches, et 1 atlas in-4° de 89 planches. 50 fr.

Fascicule V. Poissons fossiles, par H.-E. Sauvage, 1 volume in-4° avec 9 planches. . . . . 6 fr.

Bassin houiller et permien de Brive. *

Bassin houiller et permien de Brive. Fascicule premier. Stratigraphie, par Georges Mouret, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 1 volume in-4 avec 120 figures dans le texte, 2 planches et 1 carte géologique. — Fascicule II. Flore fossile, par R. Zeiller, ingénieur en chef des mines. 2 volumes in-4° avec 15 planches. Prix des 2 volumes. . . . . 30 fr.

Terrains tertiaires de la Bresse. *

Les terrains tertiaires de la Bresse et leurs gîtes de lignites et de minerais de fer, par F. Delafond, ingénieur en chef des mines et C. Depéret, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 volume in-4°, avec 58 figures dans le texte et une carte géologique en couleurs, et 1 atlas in-4° de 19 planches. . 24 fr.

Bassin houiller du Pas-de-Calais. *

Bassin houiller du Pas-de-Calais, par A. Soubeiran, ingénieur des mines.

Première partie : Sous-arrondissement minéralogique d'Arras. 1 volume in-4° et 1 atlas de 10 planches in-plano . . . . 36 fr.

Deuxième partie : Sous-arrondissement minéralogique de Béthune. 1 volume in-4° et un atlas de 13 planches in-plano. . . . . 36 fr.

Mémoires de Paléontologie.

Mémoires de Paléontologie de la Société géologique de France, publiés sous la direction de MM. A. GAUDRY, membre de l'Institut, professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle; MUNIER-CHALMAS, maître de conférences à l'École normale supérieure; DOUVILLÉ, professeur de paléontologie à l'École des mines; ZEILLER, ingénieur en chef des mines, et J. BERGERON, docteur ès sciences.

Tomes I à IV, 1890-1894, 4 volumes in-4°, avec 85 planches . . . . 160 fr.
Chaque volume se vend séparément 40 francs. On vend aussi séparément les mémoires suivants, extraits de cette collection, savoir :

Dryopithèque.

N° 1. Le Dryopithèque, par ALBERT GAUDRY, membre de l'Institut, professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle. 1 brochure in-4° avec 1 planche . . . . 3 fr.

Céphalopodes du Crétacé supérieur.

N° 2 Contribution à l'étude des Céphalopodes du Crétacé supérieur de France, par JEAN SEUNES. 2 brochures in-4° avec 6 planches . . . . 10 fr.

Animaux pliocènes du Roussillon.

N° 3. Les Animaux pliocènes du Roussillon, par CHARLES DEPÉRET, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 volume in-4°, avec 15 planches. . 40 fr.

Paléontologie du sud-est de l'Espagne.

N° 4. Contributions à la Paléontologie du Sud-Est de l'Espagne, par RENÉ NICKLÈS, ingénieur civil des mines, 2 brochures in-4°, avec 10 planches. 20 fr.

Nelumbium provinciale.

N° 5. Le Nelumbium provinciale, par G. DE SAPORTA, correspondant de l'Institut. 1 brochure in-4°, avec 3 planches. . . . . 5 fr.

Principales espèces d'hippurites.

N° 6. Etude sur les Rudistes. Revision des principales espèces d'hippurites, par H. DOUVILLÉ, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École nationale supérieure des mines. 4 brochures in-4°, avec 20 planches . . . . . . 40 fr.

Deux oiseaux du gypse parisien.

N° 7. Description de deux oiseaux nouveaux du gypse parisien, par FLOT, docteur ès sciences. 1 brochure in-4°, avec 1 planche . . . . 3 fr.

Remarques sur les Mastodontes.

N° 8. Quelques remarques sur les Mastodontes, à propos de l'animal du Chérichira, par ALBERT GAUDRY, 1 brochure in-4°, avec 2 planches . . . . 3 fr. 50

Végétation du niveau aquitanien.

N° 9. Recherches sur la végétation du niveau aquitanien de Manosque, par G. DE SAPORTA, 2 brochures in-4°, avec 20 planches. . . . . 35 fr.

Pythonomorphes de France.

N° 10. Les Pythonomorphes de France, par ALBERT GAUDRY. 1 brochure in-4° avec 2 planches . . . . 5 fr.

Appareil fructificateur des sphenophyllum.

N° 11. Etude sur la constitution de l'appareil fructificateur des sphenophyllum, par R. ZEILLER, ingénieur en chef des mines. 1 broch. in-4° avec 3 pl. 7 fr. 50

Cétacés du Miocène.

N° 12. Étude sur quelques cétacés du Miocène, par V. PAQUIER. 1 brochure in-4° avec 2 planches. . . . . 6 fr.

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY




3 2044 032 901 878